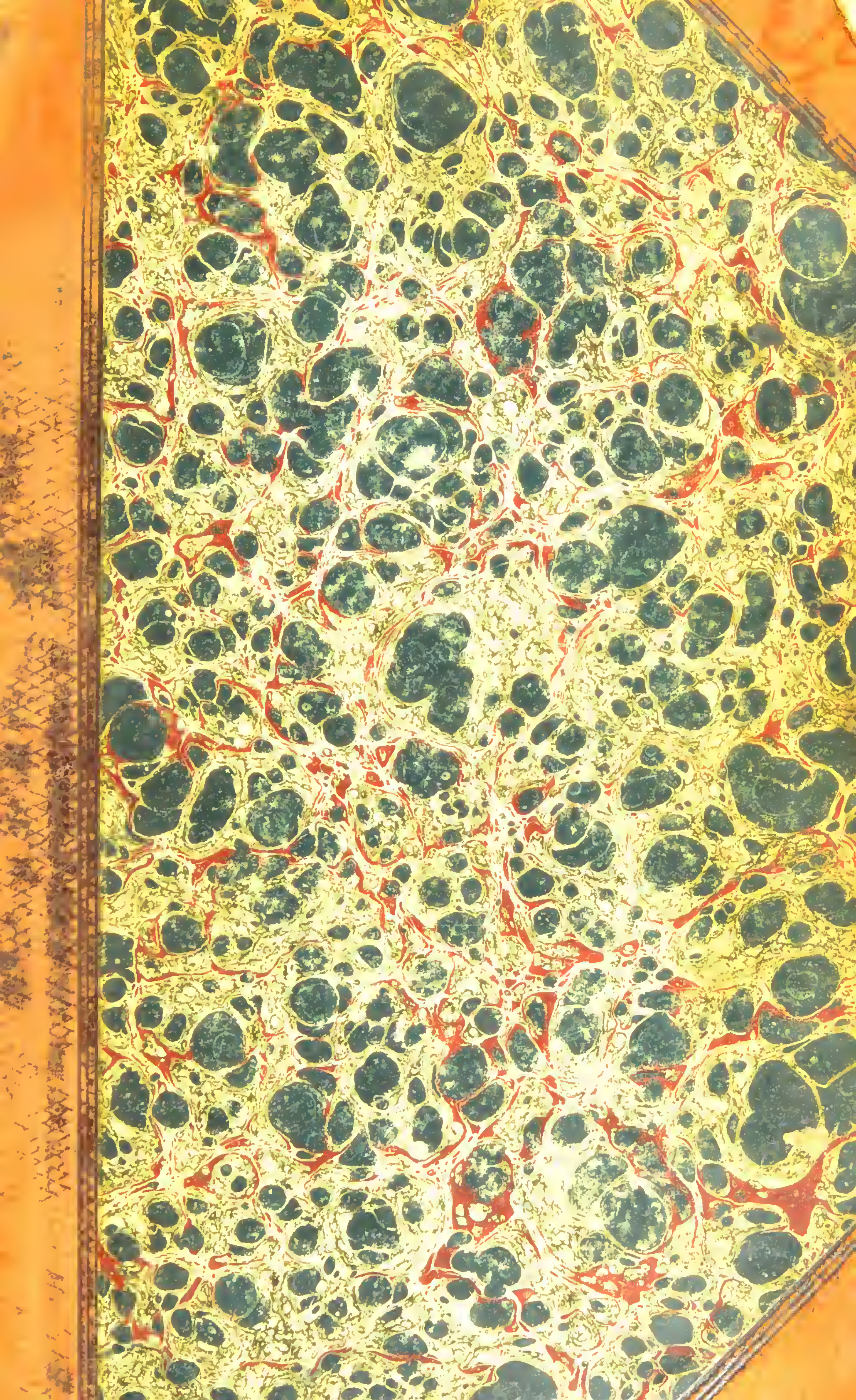
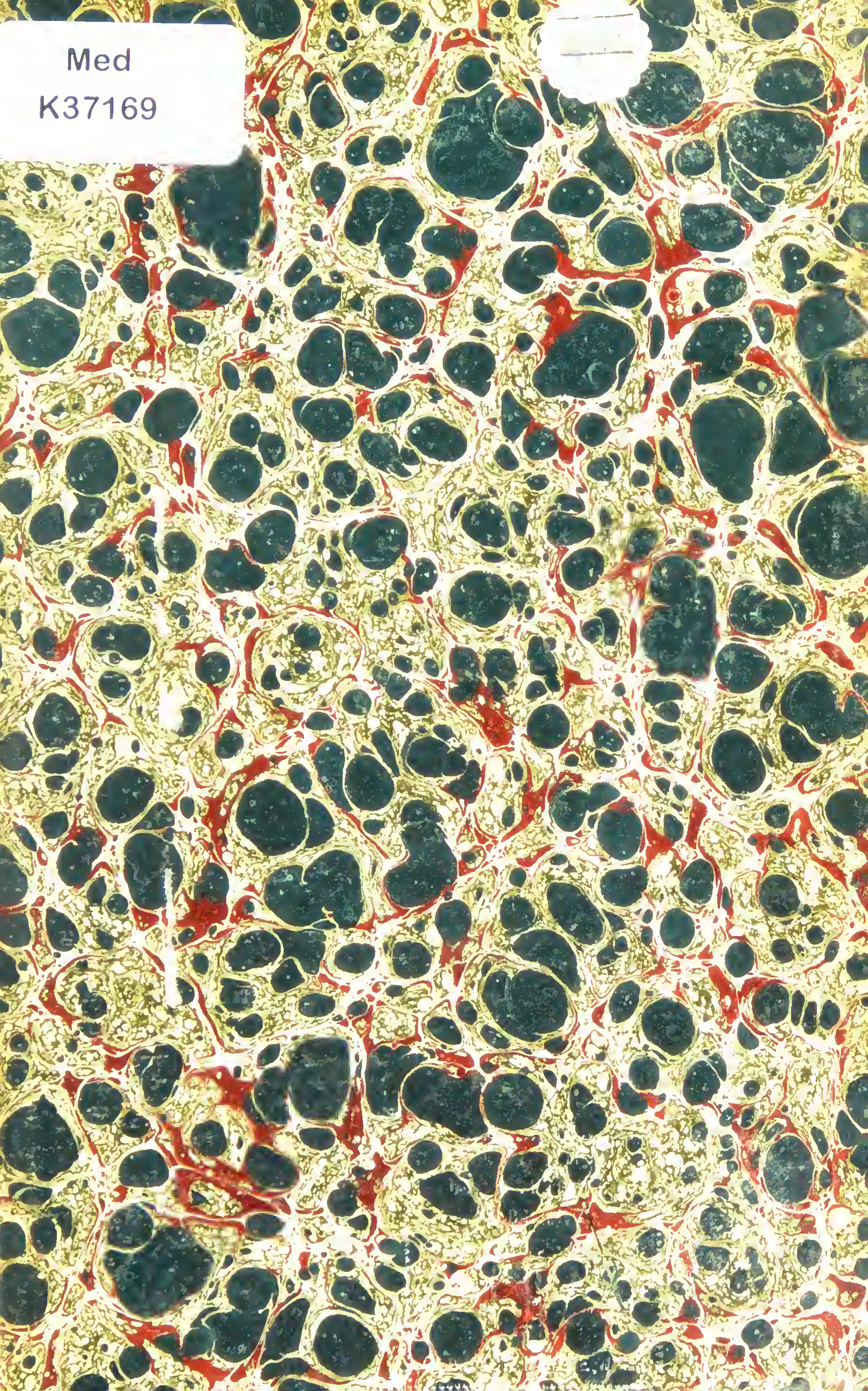



22500479130



C. Spearman

GRUNDZÜGE

DER

PSYCHOLOGIE

ERSTER BAND

GRUNDZÜGE

DER

PSYCHOLOGIE

VON

HERMANN EBBINGHAUS

PROFESSOR DER PHILOSOPHIE AN DER UNIVERSITÄT BRESLAU

ERSTER BAND

MIT ZAHLREICHEN FIGUREN IM TEXT UND EINER TATEL

ZWEITE VIELFACH VERÄNDERTE UND UMGEARBEITETE AUFLAGE



LEIPZIG

VERLAG VON VEIT & COMP.

1905

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

DEM ANDENKEN

GUSTAV THEODOR FECHNERS

GEWIDMET

Betrachtet ich den Fleiß, den ich verwendet,
Sah ich die Züge meiner Feder an,
So konnt' ich sagen, dieses Buch ist mein.
Doch überdenk' ich's recht, da es vollendet,
Woher mir alles kam, wohin es zielt,
Erkenn' ich wohl, ich hab' es nur von Euch.

Vorwort zur ersten Auflage.

Das vorliegende Buch ist zur Einführung bestimmt, allerdings zur Einführung in das Studium der Dinge und nicht bloß in eine erste und allgemeine Kenntnis von ihnen. Es war ursprünglich bei weitem nicht so umfangreich geplant, wie es sich nun darstellt, aber als ich an die Ausführung ging, bin ich sehr bald in diese größere Breite hineingedrängt worden. Zum Teil gewiß aus rein individuellen Gründen, zum Teil aber auch wohl, weil sich auf solche Weise die Sache selbst ihr Recht verschafft hat. Die Psychologie ist in den letzten Jahrzehnten ungemein rasch fortgeschritten in der Kenntnis des seelischen Lebens im Kleinen und Einzelnen. Manches davon, was uns sehr wichtig erscheint, wird vermutlich einer späteren und reiferen Einsicht ziemlich unwichtig vorkommen. Gleichwohl kann man, nachdem dieses Wissen einmal erarbeitet ist, auch beim ersten Herantreten an die Psychologie nur dann in eine richtige Stellung zu ihr kommen, wenn man von ihm in einem größeren Umfange Kenntnis nimmt. Von größter Wichtigkeit ist doch, daß man gleich von vornherein von einem lebendigen Bewußtsein der erstaunlichen Reichhaltigkeit und Verwickelung des seelischen Lebens durchdrungen werde, und das ist nicht anders zu erreichen. Außerdem man kann mit Vorteil kurz sein, wo man sich auf vieles Feststehende und allgemein Anerkannte berufen kann, an das im Einzelfalle nur mit einem Wort erinnert zu werden braucht. Wie wenig ist dessen in der Psychologie. Ihre Fragen gehören neben den allgemein philosophischen zu den allerumstrittensten; und bei allen Fortschritten

ihres Wissens von den Tatsachen sind die Streitigkeiten über deren richtige Auffassung und Deutung kaum geringer geworden. Gerade Darstellungen im Sinne der hier versuchten pflegen vielfachen und heftigen Angriffen ausgesetzt zu sein. Was kann es da helfen, seine allgemeinen Anschauungen und Vermutungen über den tieferen Zusammenhang der Dinge nur kurz hinzustellen und sie schutzlos der Verneinung jedes Andersmeinenden auszusetzen? Man muß sie weit ins Einzelne hineinführen und sich an ihm erproben lassen, und ihnen dadurch für den unbefangenen Leser die Mittel zu ihrer Verteidigung mit auf den Weg geben.

Der Umfang des Buches ist auf zwei Bände berechnet, von denen der gegenwärtige die allgemeinen und grundlegenden Darlegungen enthält.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Noch ehe ich den zweiten Band dieses Buches fertigstellen konnte, ist eine zweite Auflage des ersten notwendig geworden. Die darin liegende Anerkennung meiner Arbeit hat mir viele Freude gemacht, und um sie womöglich auch für die neue Auflage zu gewinnen, habe ich mich bemüht, meine Darstellung nach Kräften zu bessern und namentlich wieder auf die Höhe unseres Wissens zu bringen. Daß das keine geringe Arbeit war, weiß jeder, der dem intensiven Betriebe der psychologischen und verwandten Forschung auch nur von ferne gefolgt ist. Namentlich für die Theorie der allgemeinen Beziehungen zwischen Leib und Seele, die Skizze vom Bau des Nervensystems, dann für den Gesichtssinn, Gehörssinn und das Gedächtnis war eine umfangreiche Literatur durchzuarbeiten, was denn zu zahlreichen Zusätzen, Änderungen und völligen Umarbeitungen geführt hat. Im ganzen eine erfreuliche Tätigkeit, sich so in kurzer Frist zusammengedrängt zu vergegenwärtigen, wie der so lange verdorrt erscheinende Baum unserer Erkenntnis von der menschlichen Seele nach endlich gefundener richtiger Behandlung jetzt rasch und sicher wächst und sich allseitig immer reicher verzweigt. Nur bisweilen, wie u. a. bei den Streitigkeiten über Leib und Seele, wurde die Freude durch die Verwunderung darüber beeinträchtigt, was für seltsame Meinungen über die Dinge auch jetzt noch eifrige Vertreter finden.

Die an dem Buche gemachten Ausstellungen habe ich vielfach als berechtigt anerkennen müssen, wie ich gerne und dankbar hervor-

hebe, und habe ihnen so weit also Rechnung getragen. Vereinzelten Tadel, der die deutlich ausgesprochene Beschränkung dieses Bandes auf die allgemeinsten Fragen und die einfachsten Erscheinungen des Seelenlebens nicht beachtete, mußte ich unberücksichtigt lassen. Ebensowenig konnte ich natürlich Auffassungen ändern, wie die von der Natur des Raum-, Zeit-, Einheitsbewußtseins, die mit meinen Grundanschauungen aufs engste zusammenhängen, wennschon sie hie und da befremdet haben. Ich hoffe, man wird sich mit ihnen, bei Einsicht in den ganzen Zusammenhang, der sie fordert, noch allgemeiner befreunden.

Breslau, im Juni 1905.

H. Ebbinghaus.

Inhalt.

Erstes Buch.

Allgemeine Fragen.

Zweites Buch.

Vom Bau und den Funktionen des Nervensystems.

Drittes Buch.

Einfachste seelische Gebilde.

Viertes Buch.

Allgemeinste Gesetze des Seelenlebens.

Erstes Kapitel.

Das Zugleichsein der seelischen Gebilde.

Zweites Kapitel.

Die Aufeinanderfolge der seelischen Gebilde.

Drittes Kapitel.

Häufige Wiederholung seelischer Betätigungen.

Viertes Kapitel.

Seelische Gebilde und Körperbewegungen.

Berichtigungen.

S. 365 Zeile 22 v. o. lies 271 statt 232.

S. 523 Zeile 10ff. v. o. lies $^1/_{3,9}$ $^1/_{5,7}$ $^1/_{8,3}$ $^1/_{14,3}$ statt $^1/_{3\cdot 9}$ $^1/_{5\cdot 7}$ $^1/_{8\cdot 3}$ $^1{}_{14\cdot 3}$.

Erstes Buch.

Allgemeine Fragen.

§ 1. Gegenstand der Psychologie.

Psychologie ist die Wissenschaft von den Inhalten und den Vorgängen des geistigen Lebens, oder, wie man auch sagt, die Wissenschaft von den Bewußtseinszuständen und Bewußtseinsvorgängen. Soweit für ein vorläufiges Verständnis erforderlich ist, weiß jedermann zur Genüge, was damit gemeint ist. Wir haben Empfindungen von Farben, Tönen oder Temperaturen, haben Gedanken, Erinnerungen und Phantasiebilder, Erkenntnisse, Zweifel und Irrtümer, Gefühle der Lust und Unlust, Stimmungen wie Verdrießlichkeit und Heiterkeit, und Affekte wie Furcht und Zorn, dazu Begehrungen, Wünsche, Vorsätze, Ideale usw. Wir erleben ferner an diesen Gebilden ein unablässiges Kommen und Gehen, ein Hervortreten und Zurücktreten, wechselseitige Störungen und Förderungen. Mit alledem befaßt sich die Psychologie. Sie sucht jene zuständlichen Erlebnisse genau zu beschreiben: was für Eigentümlichkeiten sich an ihnen im einzelnen unterscheiden lassen, wie die einen von ihnen gleichsam als Bestandteile in den anderen enthalten sind, wie sie vielfach einander regelmäßig begleiten. Und sie sucht weiter zu ermitteln, welche Gesetzmäßigkeiten das an ihnen vor sich gehende Geschehen beherrschen: wie sie einander hervorrufen oder sich ihr Dasein streitig machen, wie es zu verstehen ist, wenn sie anscheinend ursachlos, aus dem sog. Unbewußten auftreten oder in dieses zurückkehren, wie sie sich allmählich aus einfacheren Bildungen zu reicheren entwickeln oder auch aus verwickelten Gestaltungen unter Umständen in einfachere zurückgebildet werden.

Was die Beschäftigung mit diesen Dingen zu einer einheitlichen und eigenartigen macht und also die Psychologie als eine besondere Wissenschaft naturgemäß von anderen unterscheidet, pflegt man so anzugeben: jene Bewußtseinserscheinungen können nicht gesehen noch

gehört, nicht getastet noch irgendwie anders sinnlich wahrgenommen werden und sind deshalb doch nicht minder reale Erlebnisse als die Dinge, bei denen das der Fall ist. Die Psychologie hat es, wie man dies kurz ausdrückt, mit den Gegenständen der Innenwelt zu tun, im Gegensatz zu der Physik im weitesten Sinne als der Wissenschaft von den Gegenständen der räumlichen und materiellen Außenwelt.

Diese Entgegensetzung ist vollkommen zutreffend, indes ist zu ihrem vollen Verständnis eine kurze Erläuterung nicht überflüssig. Für Gedanken, Gefühle, Entschlüsse und dergl. liegt ihre Richtigkeit auf der Hand, nicht aber ohne weiteres für die sinnlichen Empfindungen, die vorhin doch auch der Psychologie zugewiesen wurden. Denn Farben- und Tasteindrücke, Töne und Geschmäcke sind doch jedenfalls für den, der sie hat, etwas sinnlich Wahrgenommenes, wie auch etwas räumlich Ausgedehntes oder sonst räumlich Bestimmtes. Sie gehören also in gewisser Hinsicht zu den Dingen der Außenwelt, wie denn ja deren Gegenstände schlechterdings nicht anders charakterisiert werden können als durch Angabe ihrer Farbigkeit oder Durchsichtigkeit, ihrer Härte- und Wärmegrade, kurz irgendwelcher sinnlich wahrnehmbarer Eigenschaften. Allein zugleich ist doch das, was bei einer Sinnesempfindung der eine erlebt, der von ihm empfundene Eindruck selbst, als Gebilde seines Bewußtseins, der sinnlichen Wahrnehmung aller Anderen wieder entzogen. Andere mögen unter geeigneten äußeren Einwirkungen Ähnliches empfinden, aber jederzeit sind die dem Bewußtsein des einen Individuums angehörigen sinnlichen Erlebnisse als solche dem Sehen und Tasten aller übrigen ganz ebenso unzugänglich und unerreichbar wie die Gedanken oder Gefühle jenes Individuums. Die in gewisser Hinsicht der Außenwelt angehörigen Sinneseindrücke stimmen also in gewisser anderer Hinsicht doch durchaus überein mit Vorstellungen, Wünschen und dergl., d. h. mit den uneingeschränkt der Innenwelt zuzuweisenden Dingen. Und soweit dies nun der Fall ist, soweit also die sinnlichen Empfindungen als je von einzelnen Individuen erlebte und allen Anderen direkt nicht zugängliche Gebilde betrachtet und in ihren von der Einzelindividualität abhängigen Eigentümlichkeiten und Beziehungen näher untersucht werden, soweit ist die Beschäftigung mit ihnen naturgemäß auch Sache der Psychologie. Soweit dagegen für die Betrachtung der sinnlichen Eindrücke und ihrer Gesetzmäßigkeiten das individuelle Erlebnis gleichgültig ist, soweit es sich bei ihnen um etwas handelt, was auch unabhängig von den erlebenden Individuen Wirklichkeit hat oder zu haben scheint, soweit bilden sie den Gegenstand der Wissenschaften von der Außenwelt.

Ein paar Beispiele werden den Unterschied sogleich deutlicher machen. Lichtstrahlen, die auf ein Glasprisma fallen, werden von ihrem Wege abgelenkt und nach ihrer verschiedenen Brechbarkeit fächerförmig auseinandergebreitet. Man konstatiert diesen Vorgang in der Regel mit Hilfe des Auges; er besteht also in einer eigentümlichen Beziehung von Gesichtsempfindungen zueinander. Aber auf die Zugehörigkeit dieser Empfindungen zu einem bestimmten Individuum und ihre davon abhängige besondere Beschaffenheit kommt es dabei gar nicht an. Die Gesetzmäßigkeit der Brechung und der Sonderung der Wellenlängen ergibt sich für gute und schlechte Augen, für Farbentüchtige und Farbenblinde, selbst für Menschen- und Fliegenaugen stets als genau dieselbe. Ja, zu ihrer Feststellung ist, in der Idee wenigstens, die Hilfe des Auges überhaupt nicht erforderlich; man kann es durch einen beliebigen anderen lichtempfindlichen Apparat ersetzt denken, dessen Angaben etwa durch den Tastsinn kontrolliert werden, und erhält doch stets dasselbe Resultat. So und ähnlich verhält es sich mit den Tatsachen der Physik oder der Astronomie, Botanik usw. Sie existieren für die Wahrnehmung der verschiedensten Individuen, normale und abnorme, Menschen und Tiere; bisweilen können sie auch auf ganz verschiedene Weisen oder gar durch Vermittelung verschiedener Sinnesorgane zur Warnehmung gebracht werden. Aber in ihrem eigentlichen Inhalt sind sie von allen diesen Verschiedenheiten unabhängig.

Ganz anders mit den Tatsachen der Psychologie. Jene durch Zerstreuung des Lichts voneinander gesonderten Wellenlängen kommen dem Betrachter des Vorgangs als verschiedene Farben zum Bewußtsein. Für diese aber und ihre Eigentümlichkeiten ist die Zugehörigkeit zu einem bestimmten Individuum durchaus nicht mehr gleichgültig, vielmehr stehen und fallen sie mit dieser Beziehung. Direkt und unmittelbar erlebt jedes Individuum sie nur einmal, bei sich selbst; was für einen Charakter sie bei anderen haben, etwa wie diesen das Spektrum erscheint, läßt sich nicht durch einfaches Zusehen, sondern nur indirekt, durch allerlei Wahrscheinlichkeitsschlüsse ausmachen. Und soweit diese gehen, lassen sie erkennen, daß hier bei aller annähernden Übereinstimmung der Mehrzahl der Menschen doch auch große Verschiedenheiten vorkommen: dem einen erscheint gelb, was die anderen rot oder grün sehen, wieder ein anderer sieht weiß, was für die Mehrzahl gelb ist. Und ähnlich für zahlreiche Beziehungen der Farben: für das z. B., was durch Mischung aus ihnen wird, für die auffallende Abstumpfung, die sie bei anhaltender Betrachtung erleiden, für das Wohlgefallen oder Mißfallen, das sich mit ihnen oder mit ihren Zusammenstellungen verknüpft usw. In allen diesen Fällen

1*

ist das individuelle Erlebnis nicht etwas Nebensächliches und Untergeordnetes, sondern gerade das, worauf es ankommt. Natürlich nicht das singuläre Erlebnis des einzelnen Individuums, sondern die gleichartigen Erlebnisse einer Klasse von Individuen, seien es menschliche, seien es tierische. Die Psychologie hat es mit allgemeinen Eigentümlichkeiten und Gesetzmäßigkeiten zu tun, so gut wie Physik und Chemie. Aber immer handelt es sich für sie um Tatsachen, die überhaupt erst durch die Spaltung des Seienden in verschieden geartete Individuen Dasein und Wirklichkeit haben. Losgelöst von dieser Beziehung zu bestimmten Individuen und ihrem Bewußtsein existieren ihre Tatsachen gar nicht; von der Ersetzung eines Individuums durch ein beliebiges anderes oder gar durch einen irgendwie gearteten Apparat kann, ohne sie selbst aufzuheben, keine Rede sein.

Den gleichen Unterschied wird man leicht in anderen Beispielen erkennen. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in verschiedenen Medien, die Beziehungen zwischen der Größe der Körper und der Schnelligkeit ihrer Schwingungen gehen den Physiker an, die Schnelligkeit dagegen, bei der man aufeinanderfolgende Töne noch eben gesondert wahrnehmen kann, die Harmonien und Disharmonien bestimmter Tonverbindungen sind Sache des Psychologen. Die Bewegungen der Sterne, ihre Helligkeiten, auch ihr Flimmern haben den Astronomen zu beschäftigen, dagegen ihre strahlige Erscheinung oder die Vergrößerung der Sternbilder in der Nähe des Horizonts wieder den Psychologen. Es kann vorkommen, daß es für unsere zeitweilige Kenntnis ungewiß ist, ob eine Erscheinung in dem dargelegten Sinne wesentlich abhängt von dem sie erlebenden Individuum oder nicht. Das heißt dann ebendamit, es ist ungewiß, ob sie für unsere Klassifikationen der Psychologie oder der Physik zuzurechnen ist. So war es z. B. lange Zeit der Fall mit dem Phänomen des Farbenkontrastes. Früher hielt man diesen vielfach für etwas Objektives, d. h. für eine Einwirkung der Farben aufeinander, unabhängig davon, daß sie gesehen werden. Natürlich mußte man, um die Sache zu konstatieren, schließlich irgendwie an das Auge appellieren, aber man behauptete, man brauche nur die eine der beiden Farben anzusehen, um die außerhalb stattfindende Kontrastwirkung der anderen wahrzunehmen, und hätte z. B. erwarten müssen, daß man den Vorgang durch irgend einen geeigneten Apparat auch dem Tastsinn demonstrabel machen könnte. Jetzt weiß man, daß dies nicht der Fall ist, daß das Phänomen vielmehr ausschließlich nur dann zustande kommt, wenn die beiden Farben gleichzeitig zu einer Einwirkung auf benachbarte Stellen des Auges und zur Wahrnehmung gelangen, und damit ist es als ein psychisches Vorkommnis erwiesen. Die Ab-

grenzung der Psychologie gegen die Physik im einzelnen ist also nicht ein für allemal feststehend, sondern veränderlich mit unseren Einsichten, aber die dafür maßgebenden allgemeinen Gesichtspunkte werden hiervon nicht berührt.

So ist es also zu verstehen, wenn man die Psychologie als Wissenschaft von den Dingen und Vorgängen der Innenwelt charakterisiert. Es wird ihr dadurch zum Teil ein ganz andersartiger Inhalt zugewiesen als den Wissenschaften von den Dingen der Außenwelt: die Welt des Unsichtbaren, Unwahrnehmbaren, Unräumlichen. Zum Teil aber hat sie mit ihnen den gleichen Inhalt, nur betrachtet sie ihn von einem völlig anderen und der Beschäftigung mit jenen andersartigen Inhalten entsprechenden Gesichtspunkte aus, nämlich allein soweit seine Eigentümlichkeiten bedingt sind durch die Eigenart der ihn erlebenden Individuen. Ähnliche Verhältnisse kommen ja unter den Wissenschaften von der Außenwelt selbst wieder vor, z. B. wenn Geologie, Geographie, Landwirtschaftslehre alle dieselbe Erde behandeln, aber jede in anderer Hinsicht. So hat es die Psychologie unter Umständen mit Himmel und Erde zu tun, mit der ganzen Welt und den in ihr waltenden Kräften, wie die Naturwissenschaft, aber in einer durchaus gegensätzlichen Weise zu dieser. Sie untersucht, wie sich die Welt dem Auge des Menschen darstellt, oder dem Auge des Schmetterlings, oder auch augenlosen Wesen, wie das Bewußtsein einer räumlichen Welt oder der objektiven Außenwelt überhaupt ursprünglich entsteht und sich entwickelt, und wie diese mit Dingen und Kräften, oder auch mit Göttern und Zaubermächten allmählich gedanklich bevölkert wird. Ihr Standpunkt ist überall individualistisch; natürlich, wie soeben schon gesagt, nicht der Standpunkt eines Einzelindividuums, sondern der einer Klasse gleichartiger Individuen, vor allem der menschlichen Individuen und ihrer verschiedenen Gruppen. Die Naturwissenschaft dagegen sucht von den Individuen gerade nach Möglichkeit abzusehen, von der dem individualistischen Standpunkt unzweifelhaft anhaftenden Beschränkung nach Möglichkeit loszukommen. Sie will herausbringen, wie die Welt beschaffen ist, unabhängig davon, ob sie mit menschlichen Augen oder mit Facettenaugen geschaut wird, was der Himmel ist, ohne Rücksicht darauf, daß wir ihn als ein blaues Gewölbe und die Insekten ihn vermutlich anders sehen; und wie der Glaube an eine selbständige Außenwelt und kraftbegabte Dinge in ihr zustande kommt oder wieder erschüttert wird, ist ihr gleichgültig.

Naturgemäß wendet sich die Psychologie zur Lösung ihrer Aufgabe zunächst an die Inhalte und Vorgänge selbst, deren Erkenntnis sie erstrebt. Aber bei der eigenartigen Verkettung der Dinge hat es

sich von jeher für ihre Zwecke als förderlich erwiesen, nicht ausschließlich dabei stehen zu bleiben, sondern auch anderes zu berücksichtigen, was mit ihrem ersten und eigentlichen Gegenstande in engem Zusammenhange steht. Vor allem ein Zusammenhang ist hier von hervorragender Wichtigkeit.

Schon eine primitive und wenig geschulte Betrachtung der Dinge hat erkannt, daß die Realitäten der Innenwelt in dem eben erörterten Sinne sehr wesentlich abhängen von der Beschaffenheit und den Funktionen des organischen Körpers, daß namentlich einzelne Organe dieses Körpers (Sinnesorgane und Herz, wie man zuerst dachte, dann Nerven und Gehirn, wie man weiterhin einsah) für das geistige Leben und seine Gestaltung im einzelnen die größte Bedeutung besitzen. Bei der charakteristischen Verschiedenheit zwischen Innenwelt und Außenwelt ist die Art dieser Abhängigkeit eine ganz andere als etwa die Abhängigkeit der Nahrungsaufnahme von den Verdauungsorganen oder der Blutzirkulation von der Herztätigkeit. Gehirn und Nervensystem kann man sehen und tasten, Gedanken und Gefühle aber nicht: die Art, wie die beiden Glieder der Abhängigkeitsbeziehung konstatiert und beobachtet werden können, ist auf jeder Seite also eine völlig verschiedene. Dazu fallen noch diese verschiedenartigen Beobachtungen stets auseinander, sie sind niemals zusammen und an ein und derselben Stelle oder für ein und dasselbe Individuum möglich, sodaß etwa eine Vergleichung zwischen ihnen angestellt oder irgend eine Beziehung direkt bemerkt werden könnte. Wer Gedanken hat, sieht nichts von dem Gehirn, dessen Funktion für das Vorhandensein eben dieser Gedanken unerläßlich ist. Um vielmehr dieses bestimmte Gehirn zu beobachten, ist wieder ein anderes Gehirn nebst damit verbundenen Gesichts- und Tastorganen erforderlich. Und umgekehrt, wer ein Gehirn oder sonstigen nervösen Apparat beobachtet, erlebt nichts von den Gedanken und Wünschen, welche gerade an diese beobachteten Teile, wofern sie noch leben, gebunden sind: höchstens kann er das seinem eigenen Erleben gänzlich Unzugängliche in ähnlichen Gedanken und Vorstellungen nachbilden. Kurz, die Realitäten der Innenwelt einerseits und die Realitäten Gehirn und Nervensystem andererseits können, so wie die einen die anderen bedingen, nie gleichzeitig konstatiert werden, die Erlebnisse von ihnen fallen immer auseinander. Gleichwohl ist die Tatsache dieser Abhängigkeit durch indirekte und mannigfach vermittelte Beobachtungen, wie wir später sehen werden, völlig sichergestellt, und dadurch hat sich die Psychologie von jeher genötigt gesehen, um ihre Sache ordentlich zu treiben und ein möglichst volles und vielseitiges Verständnis für die eigentlichen und nächsten Gegenstände ihrer Beschäftigung zu ge-

winnen, eben über dieses Nächste hinauszugehen und sich — mindestens beiläufig — auch mit den für das Seelenleben wichtigen Organen und Funktionen des Leibes zu befassen, sowie die Beziehungen zu ermitteln, in denen sie zu den seelischen Betätigungen im einzelnen stehen. Daß sie dabei dann weiter nicht umhin kann, auch von den äußeren Einwirkungen und Reizen irgendwie näher Kenntnis zu nehmen, die jene körperlichen Organe zu ihrer Tätigkeit zumeist erst anregen und dadurch indirekt auch wiederum für die besondere Gestaltung der seelischen Gebilde maßgebend sind, ist leicht einzusehen.

Verglichen mit den verschiedenen Zweigen der Naturwissenschaft ist die Psychologie relativ unvollkommen und zurückstehend in ihrer Entwickelung. Das hat mannigfache Ursachen. Die seelischen Erscheinungen, darf man behaupten, sind ungemein viel verwickelter, unbeständiger und trügerischer als die physischen, daher schwerer zu beobachten und auf relativ Einfaches zu reduzieren. Dazu sind wir praktisch mit vielen von ihnen von jeher so vertraut, daß sich Verwunderung und Neugier, die mächtigen Triebfedern theoretischer Forschung, ihnen gegenüber lange verloren haben und das Rätselhafte den Schein des Selbstverständlichen besitzt. Endlich steht die Psychologie mit manchen ihrer Probleme starken und wichtigen Interessen der Menschen zu nahe, um nicht von den Kämpfen um diese geschädigt zu werden. Wenn man sich erinnert, wie selbst Mechanik und Astronomie, deren Gegenstände an sich gewiß nicht gerade geeignet sind, den Menschen in seinen Tiefen zu erschüttern, durch ihre rein äußerliche Verquickung mit großen Angelegenheiten des Gemüts in ihrer Entwickelung gehemmt werden konnten, so versteht man, wie es nicht leicht ist, für die direkte Behandlung der stark interessierenden Fragen selbst die zu einem gedeihlichen Fortschreiten nötige Unbefangenheit zu finden.

Die aus alledem resultierende relative Unfertigkeit unserer Disziplin erweist sich unter anderem darin, daß über fast alle ihre allgemeinsten Fragen andauernd gestritten wird. Während anderswo über die der Betrachtung zugrunde zu legenden letzten Prinzipien, über die Fundamentalanschauungen, in der Regel Einhelligkeit besteht — unbeschadet einer gelegentlichen und dann auch wieder sehr bald einhelligen Wandlung der Ansichten — werden sie in der Psychologie fortwährend und lebhaft in Frage gestellt und umstritten, womit dann rückwärts der kräftigen und gleichmäßigen Arbeit an ihrer Weiterentwickelung selbst wieder Hemmnisse bereitet werden. Zu den wichtigsten dieser allgemeinen Streitfragen haben wir zunächst Stellung zu nehmen.

§ 2. Von der Seele.

1. Die Tatsache des Subjekts. Eine der einfachsten Tatsachen, die in bezug auf die seelischen Dinge, Gedanken, Empfindungen usw. besteht, ist die, daß diese Gebilde nicht selbständig und isoliert in der Welt vorkommen, sondern in einer zweifachen Art und Weise gebunden sind.

Erstens sind sie wechselseitig miteinander verbunden. Sie existieren nicht einzeln oder zu zweien und dreien, sondern immer nur als Vereinigungen zahlreicher Glieder, als Massenerscheinungen sozusagen. Nirgendwo gibt es isolierte Empfindungen, wie Rot oder Sauer, sondern immer nur Empfindungsverbände, diese durchsetzt von Vorstellungen, vielfach begleitet von Gefühlen, hinüberspielend in Wünsche usw. Man sagt zwar wohl, jemand sei ganz versunken in einen Gedanken, gehe ganz auf in einem Gefühl, aber auch in solchen Fällen zeigt sich das eine bei näherer Prüfung allemal als eine reichhaltige Gruppe, und daneben hat der Denkende Augen und Ohren offen, empfindet warm oder kalt, weiß sich frisch oder abgespannt u. dergl. Um Mißverständnisse zu verhüten, sei gleich hinzugefügt, was noch wiederholt betont werden muß, daß ein anderes Verhältnis als das eben bezeichnete auch auf primitiveren Stufen des Seelenlebens nie bestanden hat. Das einzelne ist nicht etwa ursprünglich einmal, im Beginn des Seelenlebens, selbständig vorhanden gewesen und dann zu den in der ausgebildeten Seele vorliegenden verwickelten Bildungen zusammengetreten, etwa wie sich Fäden zu einem Gewebe oder Steine und Balken zu einem Hause zusammenfügen. Sondern wirklich existiert haben von Anfang an immer nur eigentümliche Gesamtheiten, vielgliedrige Komplexe, aus denen die späteren Bildungen in ähnlicher Weise hervorgegangen sind, wie der einfachere Organismus einer Knospe sich zu dem reicheren der Blüte entfaltet. Und nur insofern kann man überhaupt von Einzelempfindungen, Einzelvorstellungen usw. sprechen, als sich dergleichen innerhalb jener Verbände durch abstrakte Betrachtung herausheben und unterscheiden läßt.

Neben diesem Verbundensein der seelischen Dinge untereinander existiert aber zweitens noch eine andere Art ihres Zusammenhanges: sie sind stets, wie jedermann weiß, jemandes Empfindungen und Gedanken, sie werden getragen von einem Ich oder Subjekt, das sie als seine Empfindungen, seine Gedanken hat und ihnen durch diese Beziehung zu einem gemeinsamen Substrat und Zentrum sozusagen noch einen besonderen Halt verleiht. Damit ist nicht etwa das organi-

sierte körperliche Individuum gemeint, von dem wir (nach S. 6) indirekt wissen, daß es durch sein Funktionieren das Seelenleben vermittelt. Sondern wo Gedanken und Empfindungen erlebt werden, da wird unmittelbar in ihnen und an ihnen, in derselben Weise wie sie selbst, auch dieser subjektive Träger bewußt, an dem sie haften. Er tritt nicht in allen Fällen gleich lebendig und deutlich hervor, bisweilen wird er gar nicht bemerkt, aber er kann, soviel wir sehen, durch einen bloßen darauf gerichteten Willen allemal als vorhanden konstatiert werden. Die sprachliche Bezeichnung des Seelischen geschieht daher auch fast immer unter gleichzeitiger Mitbezeichnung eines solchen Subjekts: ich bin der Meinung, ich habe den Wunsch, du siehst doch usw.

Bei näherer und doch auch nicht allzu naher Betrachtung lassen sich an diesem Ich wesentlich folgende Eigenschaften erkennen. Erstens eine eigentümliche Inhaltlosigkeit und Nacktheit, wie man sagen könnte. Alle konkreten Prädikate, die man ihm wohl zuschreiben möchte, wollen nicht recht an ihm haften. Mein Ich denkt dies oder das, in diesem Augenblick z. B. an Herbart und Fichte, die sich mit dem Ichbewußtsein viel zu schaffen gemacht haben. Aber solche Gedanken gehören offenbar nicht eigentlich zu dem Wesen meines Ich. Indem ich sie niederschreibe, sind sie schon halb verflogen, mein Ich aber hat sich dadurch doch nicht geändert. Es hätte sein können, daß ich zufällig auf ganz andere Gedanken geraten wäre, mein Ich wäre deshalb doch kein anderes gewesen. Das waren also vorübergehende und zufällige Inhalte des Seelenlebens, die nicht das Ich selbst charakterisieren, sondern zu dem von ihm Getragenen gehören und von ihm zu unterscheiden sind. So geht es aber mit allen anderen Bestimmungen des Ich. Indem ich sie versuche, erweist sich, daß sie sein eigentliches Wesen nicht ausmachen können, und von ihm selbst läßt sich somit schließlich nur sagen, daß es als irgend etwas innerhalb aller Empfindungen und Gedanken vorhanden, aber nicht wie es inhaltlich beschaffen ist. Das ist die sogenannte *Einfachheit* des Ich.

Damit ist schon ein zweiter Punkt berührt. Eben wegen seiner inhaltlichen Unbestimmtheit ist das Ich, wenn es zu verschiedenen Zeiten konstatiert wird, immer wieder dasselbe. Die Gedanken, Wahrnehmungen, Strebungen, die es hat, verändern sich ununterbrochen, aber sein eigener Charakter wird davon augenscheinlich nicht getroffen. Offenbar bin ich doch jetzt kein anderer als vor fünf Minuten oder als gestern oder vor drei Wochen; hinsichtlich des bloßen Ichbewußtseins finde ich keinen Unterschied zwischen damals und jetzt. Die Gedanken ferner ändern sich nicht nur, sondern sie verschwinden

unter Umständen vollständig, so daß sie selbst bei darauf gerichteter Anstrengung nicht wiedergefunden werden können. Das Ich dagegen läßt sich zu jeder Zeit nachweisen; überall und immer, wenn ich es rufe, tritt es hervor; augenscheinlich doch, weil es keinen Augenblick aufgehört hat zu existieren. *Identität* mit sich selbst und *Beharrlichkeit* in der Zeit sind somit die weiteren Eigentümlichkeiten, die man dem Ich zuzuschreiben pflegt.

2. Die Auffassung des Subjekts. Alle diese Dinge sind so einfach und jedermann geläufig, daß sie schwerlich je von jemandem übersehen worden sind, der sich eigens mit dem Studium des Seelenlebens befaßt hat, auch wenn er sie nicht gerade ausdrücklich hervorhebt. Wenn man sie gleichwohl häufig mit besonderer Emphase auseinandergesetzt und betont findet, so liegt dabei in der Regel noch die Absicht einer weiteren Behauptung zugrunde, die von jenen Tatsachen wohl unterschieden werden muß. Nämlich, das ist die Frage, wer sind denn nun jene Jemande, welche die Empfindungen und Vorstellungen haben? jene Subjekte oder Iche, an die das vorhandene Seelenleben als an seine festen Träger und Zentren verteilt ist?

Darauf vereinigen sich von jeher das gewöhnliche Bewußtsein und die Mehrzahl der theoretischen Vertreter der Psychologie zu folgender Antwort. Träger und Grundlagen alles psychischen Lebens sind besondere einheitliche, einfache und selbständige Wesen, die Seelen. Diesen haften die psychischen Gebilde und Vorgänge gleichsam an, als ihre Zustände oder Tätigkeitsäußerungen: was wir von ihnen im einzelnen wissen können, besteht auch nur in diesen ihren Äußerungen; dennoch aber sind sie selbst und ihre Kundgebungen als etwas durchaus Verschiedenes wohl auseinander zu halten. Die Zustände wechseln, die Seele bleibt stets identisch dieselbe. Die Zustände werden ihr vielfach von außen aufgedrungen, sie aber hat die Fähigkeit, sich selbsttätig diesen Einwirkungen entgegen zu setzen oder zu entziehen. Ja, wenn sie ihre Äußerungen einmal unterbricht oder einstellt, so ist damit naturgemäß ihre Existenz nicht ohne weiteres aufgehoben; sie kann noch vorhanden sein, auch wo wir von ihren Gedanken und Empfindungen nichts erfahren.

Entstanden ist diese Anschauung schon in frühen Stadien der Entwickelung des menschlichen Denkens aus der phantasievollen Ausdeutung eindrucksvoller Erfahrungen, namentlich der Erfahrungen von Schlaf, Traum und Tod, als ein ganz gesetzmäßiges Erzeugnis des psychischen Getriebes selbst. Ihren eigentlichen Halt aber hat sie nicht hierin, sondern in den Gemütsbedürfnissen und Wünschen

der Menschen, darin, daß ihnen der Inhalt eben dieser Anschauung lieb und wert ist, sie erwärmt und erfreut, während ihre Leugnung, wenn auch nicht auf alle, so doch auf die große Mehrzahl unbefriedigend und erkältend wirkt. Für den natürlichen Menschen genügt dies, es ist für ihn das eigentlich Ausschlaggebende, und er wird voraussichtlich für alle absehbare Zeit fortfahren, bei dem Glauben an substanzielle Seelenwesen als bei etwas ganz Selbstverständlichem zu beharren. Nun aber sind Vorstellungen, die mit psychischer Gesetzmäßigkeit zustande kommen und durch ihren Inhalt starke und bedeutende Interessen des Menschen befriedigen, deshalb nicht schon ohne weiteres wahr; wie viele liebgewordene Irrtümer muß der einzelne oder eine Zeit als solche erkennen lernen. Daher haben die zahlreichen Theoretiker des Seelenlebens, die im Grunde jenen Glauben vielleicht deshalb teilten, weil er ihnen Herzenssache war, von jeher gestrebt, ihn noch anderweitig zu stützen und ihn durch Berufung auf mancherlei Tatsachen — unter denen eben die vorhin erwähnten Eigenschaften des Ichbewußtseins eine besondere Rolle spielen — als deren notwendige Voraussetzung zu erweisen und zu demonstrieren. Alle diese Argumentationen, kann man zusammenfassend sagen, haben das eine Gemeinsame, daß sie nicht zwingend sind, daß sie nicht andere naheliegende Erklärungsmöglichkeiten der wirklich vorhandenen Tatsachen unbedingt ausschließen. Wenn es anderswoher bereits feststände, daß substanzielle Seelen existieren, so würde man freilich vielleicht sagen, daß sich aus dem Dasein solcher Wesen die angezogenen Erfahrungen zwanglos verstehen ließen. Aber das Umgekehrte, der Rückschluß von diesen auf jene, ist nicht unzweideutig genug, denn verständlich werden die Erfahrungstatsachen ganz ebensosehr durch andere Annahmen. Und nicht nur das, sondern gerade für diese anderen Annahmen erwächst nun aus bestimmten weiteren Tatsachen vielmehr eine durchaus überwiegende Sicherheit. Man darf daher sagen: wäre es zufällig für die Gemütsbedürfnisse des natürlichen Menschen von größerer Bedeutung und von größerem Wert, daß keine Seelen seien, als daß sie seien, so würde schwerlich irgend jemand durch die gebräuchlichen Argumentationen für ihr Vorhandensein dazu gebracht werden, die ihn innerlich befriedigende Leugnung der Seelensubstanzen anzuzweifeln. Die Argumente an sich haben eben nicht nur keine Überzeugungskraft, sondern sind zugleich wesentlich schwächer als die Argumente für das Gegenteil.

Diese allgemeinen Behauptungen mögen hier zunächst als solche stehen bleiben, da die gegen die Existenz substanzieller Seelen sprechenden Tatsachen uns erst weiterhin beschäftigen können. Nur soweit gehe ich schon jetzt auf einzelnes ein, als nötig ist, um über

die in diesem Buche vertretene Auffassung von den Trägern des Seelenlebens genügend zu orientieren und sie gegen die nächstliegenden Einwendungen zu schützen.

Wie es sein kann, daß etwas nicht für sich und selbständig in der Welt existiert, sondern an einem Träger haftet, ohne daß doch zugleich dieser Träger als ein besonderes Wesen im metaphysischen Sinne außerhalb des Getragenen und neben ihm vorhanden ist. lehre ein einfaches Beispiel.

Man sehe die Pflanze. Sie hat Wurzeln, Zweige, Blätter, Zellen, trägt Blüten, Früchte, eine Krone usw. Ganz wie die seelischen Gebilde existiert auch das, was die Pflanze an sich hat, nicht isoliert und selbständig in der Welt, sondern nur verbunden untereinander und namentlich getragen von einem Substrat oder Subjekt, an dem es haftet. Losgelöst voneinander und von ihrem Träger sind Blätter und Blüten ihrem wahren Wesen nach nicht mehr vorhanden, nur den Namen behalten sie noch eine Weile und das oberflächliche Aussehen. Aber wer ist hier der Träger alles dessen, was bloß als Getragenes vorhanden ist? wer das Subjekt, welches alle die einzelnen unselbständigen Dinge hat und ihnen Grundlage und Zusammenhalt gibt? Ein besonderes einfaches Wesen, unabhängig und unterscheidbar in seiner Existenz von dem, was es hat oder trägt? eine Realität außer und hinter den bloßen Teilrealitäten, die eben genannt wurden? Doch schlechterdings nicht. Sondern das, was die Blätter hat, ist der aus Wurzeln, Stamm, Rinde, Zweigen usw. bestehende Verband, und wiederum das, was die Wurzeln hat, ist größtenteils derselbe Verband. nämlich Stamm, Rinde, Zweige, Blätter. Die Pflanze hat in ihren grünen Teilen eigentümlich beschaffene Zellen, die chlorophyllhaltigen, aber das Wesen, welches hat, ist in seiner allgemeinen Beschaffenheit durchaus nicht verschieden von dem, was es hat, es ist selbst wieder nur ein Zellenkomplex, die Gesamtheit aller übrigen, der nicht chlorophyllhaltigen Zellen. Allgemein: alle einzelnen Bestandteile, Glieder, Funktionen der Pflanze existieren nur als etwas irgendwie Zusammengehaltenes und Getragenes, aber das sie tragende und habende Wesen ist nichts anderes, als die Gesamtheit dessen, was da getragen und gehabt wird. Nicht ihre Summe, wie man vielfach mit übelwollender Entstellung dieser Auffassung sagen hört; einfaches und äußerliches Nebeneinander gibt es hier nicht, sondern eine reichgegliederte und in ganz bestimmter Weise angeordnete und zu einer Einheit zusammengeschlossene Gesamtheit. Nimmt man der Pflanze alles weg, von dem man sagt, daß sie es hat oder trägt, so hat man sie selbst weggenommen. Es bleibt nicht etwa der eigentliche Träger noch übrig, nur arm und verkümmert in seinem Besitz und in seinen Äußerungen,

sondern es bleibt gar nichts mehr übrig. In jedem einzelnen Falle, wo man von bestimmten Teilrealitäten des ganzen Verbandes gesondert sprechen will (z. B. wenn man an dem Baum die Blätter hervorhebt), setzt man sie als das Unselbständige, Getragene, Anhaftende dem übrigen als dem eigentlichen Wesen des Gebildes entgegen. Träger ist dann also diejenige Gesamtheit, zu deren genauerer Beschreibung und Analyse jeweilig keine besondere Veranlassung vorliegt, getragen derjenige Teil des Ganzen, auf den gerade die Aufmerksamkeit gelenkt werden soll. Namentlich aber erblickt man das Wesen des Ganzen, seinen eigentlichen Kern, gerne in den Gliedern, die sich (wie Wurzeln, Stamm, Äste) bei wiederholter Beobachtung als relativ dauernd und unveränderlich erweisen, oder die für den Bestand des Ganzen von besonderer Wichtigkeit sind, was beides in der Regel auf dasselbe hinauskommt. Alles das aber sind nur Unterschiede der jeweiligen Betrachtung; Unterschiede in der Existenzweise des einander Entgegengesetzten bestehen nicht und sind auch nicht gemeint. Träger ist immer nur der Inbegriff derselben Realitäten, die in der Gesamtheit aller möglichen Betrachtungen als getragene gelten.

So und nicht anders, sage ich nun, verhält es sich auch mit dem Träger und Subjekt des Seelischen, mit dem Ich. Träger und Getragenes sind auch hier nichts Wesensverschiedenes und voneinander Unabhängiges. Sondern das nach Aussage der unmittelbaren Erfahrung freilich Vorhandene, das jetzt diesen Gedanken hat, jetzt einen anderen, augenblicklich den blauen Himmel erblickt, wo es kurz zuvor noch Wolken sah, ist nichts anderes als die reiche Gesamtheit aller der Empfindungen, Gedanken, Wünsche usw., die mit jenen erstgenannten in unmittelbaren Wechselwirkungen, Beziehungen, Verbindungen stehen. Und daß ich diese als das Habende und Zugrundeliegende auffasse, jene als das Gehabte und als vorübergehende Äußerungen, ist lediglich Sache der jeweiligen Betrachtung. Vorstellungen einer gewissen Vergangenheit, Pläne einer gewissen Zukunft, sind etwas, was mein Ich als etwas von ihm Gesondertes hat und erwägt, wenn gerade sie im Vordergrunde des Seelenlebens oder des Interesses an ihm stehen, dagegen etwas, was zu dem Ich selbst gehört und sein Wesen ausmachen hilft, wenn andere Erlebnisse jenen Vordergrund einnehmen. Namentlich aber gilt auch hier wieder ganz besonders das als eigentlicher Träger und Kern des Seelenlebens, was sich aus der ganzen Fülle seiner Teilrealitäten als besonders beständig oder als besonders wichtig erweist. Vorstellungen einer gewissen Jugendzeit, eines gewissen Lebensalters, eines gewissen Aussehens, gewisser Beziehungen zu anderen Personen, ferner gewisse

Ideale, Sympathien, Bestrebungen usw. gehören hierzu. Wenn ich eindringlich frage, wer ich denn eigentlich bin, der jetzt diese Zeilen liest, nachdem er vorhin von einem Ausgang zurückgekehrt ist, so tritt zunächst jene Gruppe von Vorstellungen hervor, und wenn ich die Frage zu anderen Zeiten wiederhole, so ist es immer wieder diese Gruppe in annähernd identischem Bestande, die Antwort gibt.

Die zu Eingang dieses Paragraphen zunächst unterschiedenen beiden Tatsachen, nämlich das wechselseitige Verbundensein der seelischen Dinge untereinander und ihr Getragensein von einem Subjekt, sind also in Wahrheit nicht auseinander zu halten, sondern gehören enge zusammen und die eigentliche Tatsache ist diese: wie in der organischen Welt Zellen, Blätter, Blutkörperchen, Muskelfasern, Gliedmaßen nicht für sich herumliegend angetroffen werden, sondern immer nur eng verbunden und sich wechselseitig tragend in reichgegliederten individuellen Systemen, jedes genannt eine Pflanze oder ein Tier, ganz ebenso ist es in der geistigen Welt. Auch ihre Realitäten kommen immer nur vor als Glieder umfassender und durchgängig zusammenhängender einheitlicher Systeme, sie gehören je einem bestimmten Ich an, einer bestimmten *Bewußtseinseinheit*. Jedes dieser Systeme bildet in gewissem Sinne eine abgeschlossene Welt geistigen Lebens für sich; nur innerhalb jedes einzelnen finden Verbindungen, Trennungen und sonstige Wechselbeziehungen der zugehörigen Glieder statt; ein Austausch des Inhalts zwischen verschiedenen von ihnen ist im eigentlichen Sinne nicht möglich. Man kann daher jedes System als ein besonderes Wesen bezeichnen, oder vielmehr man muß es so bezeichnen, aber ein Wesen ist es nur in demselben Sinne, wie man auch eine Pflanze oder ein Tier so nennt. Von einem noch besonders in der Gesamtheit darinsteckenden und real von ihr zu sondernden Wesen des Wesens kann keine Rede sein.

Wenn man sich in diese Auffassung mit dem der Sache gebührenden guten Willen hineindenkt und vertieft, dann ergibt sich das Verständnis für die oben erwähnten Eigenschaften des Ich, sowie die Antwort auf etwaige Einwürfe von selbst.

Das Ich gibt sich der inneren Erfahrung, wie wir sahen, als etwas Einfaches und Unbestimmbares. Freilich tut es das; bei relativ kurzer und flüchtiger Betrachtung nämlich. Das Ich ist in Wahrheit ein so außerordentlich reichhaltiger Komplex, selbst wenn es nur als Inbegriff der relativ beständigen Gebilde des Seelenlebens betrachtet wird, daß eine gewisse Zeit nötig ist, um es nur einigermaßen auszudenken. Verweile ich nun nur wenige Momente bei dem Gedanken, so komme ich gar nicht zu seinem reichen Inhalt. Ich habe dann nur das vage Bewußtsein eines Unerschöpflichen, Unbeschreiblichen,

und insofern allerdings eine einfache, weil ganz abstrakte und unbestimmte Vorstellung. Jede Einzelbestimmung, die ich etwa versuche, erweist sich sofort als unangemessen, und sie ist es in der Tat, weil sie eben viel zu arm ist, weil durch eine bloße Einzelbestimmung dem eigentlich zu denkenden Reichtum fast noch mehr Gewalt angetan wird, als wenn ich überhaupt nichts Bestimmtes denke.

Ebenso verhält es sich mit der Identität und Beharrlichkeit des Ich. Sie sind vorhanden, wenn ich nicht allzu genau zusehe, wozu ja freilich im allgemeinen, wenn ich von mir spreche oder an mich denke, keine Zeit bleibt. Ich stoße dann immer nur auf den gleichen leeren Gedanken eines unsagbar Reichhaltigen. Bei genauerer Betrachtung aber bin ich heute offenbar nicht ganz derselbe wie gestern und noch viel weniger derselbe wie vor drei Wochen. Ich bin um irgendwelche vielleicht minimale Einsichten reicher und um einige Hoffnungen ärmer geworden, und zweifellos hat sich mein Ich damit in seinem eigentlichsten Wesen etwas geändert. Nun gar mit dem Ich meiner Kindheit hat mein gegenwärtiges Ich kaum noch irgend etwas gemeinsam. Alles, worein ich es inhaltlich setzen könnte, ist, ganz allmählich zwar und ohne Sprung, aber schließlich doch total anders geworden; nur in gewissen Beziehungen und Verknüpfungsweisen der geänderten Inhalte besteht vielleicht noch einige Ähnlichkeit. Identität aber und Beharrlichkeit gibt es hier nicht anders als etwa bei der Linde vor meinem Fenster oder der Eiche im Walde. Auch diese stellen sich bei wiederholter Betrachtung immer wieder als dieselben Wesen dar, um so mehr und genauer als dieselben, je flüchtiger und mit je kürzeren Zwischenpausen sie betrachtet werden, aber in Wahrheit sind sie in allen ihren Teilen ununterbrochenem Wechsel unterworfen.

3. Der Name Seele. Es läßt sich kaum vermeiden, den Träger des Seelenlebens in dem eben erörterten Sinne der Gesamtheit alles Getragenen gelegentlich auch als *Seele* zu bezeichnen. Man wird sagen, daß durch einen solchen Gebrauch dieses Wort völlig den Sinn verliere, zu dessen Bezeichnung es ursprünglich gebildet ward und dem es bei der großen Mehrzahl der Menschen fortfährt zu dienen. Das tut es gewiß. Aber es wäre vollendete Pedanterie, daran Anstoß nehmen und etwa gar das Wort aus der Psychologie verbannen zu wollen. Wir tragen die Eierschalen überwundener Anschauungen tausendfach mit uns herum in früher gebildeten Worten, die wir in veränderter Bedeutung gebrauchen, indes andere sie in der ursprünglichen beibehalten; und wir verfahren außerordentlich viel ökonomischer und verständlicher so, als wenn wir an dem Wort-

schatze selbst immerfort modeln wollten. Jedermann spricht von Aufgang und Untergang der Sonne, einerlei ob er weiß, daß das gemeinte Phänomen mit einem Gang der Sonne überhaupt nichts zu tun hat, oder ob er davon nichts weiß, wie das Kind und der Wilde. Der Physiker spricht von Licht- und Wärmestrahlen oder auch von elektrischen Strahlen, obwohl er sich genau bewußt ist, daß solche Strahlen in dem Sinne, der von der naiven Anschauung der Flamme und der Sterne her für die Mehrzahl der Menschen in dem Worte liegt, gar nicht existieren. So wird also auch hier, wenn die Gelegenheit es mit sich bringt, von der Seele gesprochen werden: nicht als von einem besonderen, unteilbar einfachen Wesen, sondern als von einer eigentümlich gegliederten und einheitlichen Gesamtheit, einem selbständigen System zahlreicher, eng verbundener und in vielfachen Wechselwirkungen stehender Bewußtseinsinhalte. Seele ist hier durchaus ein Wort wie Organismus oder Pflanze, oder auch wie Leben, Natur, und manches andere. Ich rede, wie jeder andere, unter Umständen von einer schönen Seele oder einer edlen Seele, lasse die Seele auf Eindrücke antworten, oder von Gedanken bewegt werden, aber ich meine damit so wenig ein metaphysisch einfaches und unteilbares Wesen, wie man so etwas meint, wenn man eine kräftige Natur die Gefahr einer schweren Krankheit glücklich überwinden läßt.

§ 3. Seele und Leib. Tatsachen.

1. Organ der Seele. Wie vorhin erwähnt, ist schon einem primitiven Wissen von den seelischen Realitäten nichts geläufiger als der enge Zusammenhang zwischen ihnen und den Funktionen des organischen Körpers. Seelische Gebilde (Empfindungen und Vorstellungen) entstehen durch die Vermittelung der Sinnesorgane; sie werden in mannigfacher Weise verändert und beeinflußt durch körperliche Vorgänge (Verdauung, Bewegung, Narkotika, Krankheit); und sie setzen sich endlich wieder um, treten wieder nach außen in Bewegungen der Körperglieder oder Veränderungen solcher Bewegungen (Handlungen, Mienenspiel, Sprache, Herzschlag). Schon seit mehr als 2000 Jahren, seit Hippokrates und dem alexandrinischen Anatomen Herophilus (300 v. Chr.) ist hinsichtlich dieser regen Wechselbeziehungen zwischen Seele und Leib noch eine weitere Tatsache bekannt, die dann freilich durch die Autorität des sie verkennenden Aristoteles für viele Jahrhunderte verdunkelt wurde: das Organ, das für ihr Vonstattengehen eine besondere Bedeutung besitzt, an dessen Integrität und Funktion sie wesentlich gebunden sind, ist das Hauptorgan des Nervensystems, das Gehirn. Diese Tatsache ist für eine

der wichtigsten unserer allgemeinen Streitfragen von großer Tragweite und muß daher vorläufig etwas näher betrachtet werden.

Die Beobachtung, auf die das Altertum jene Behauptung stützte, war, abgesehen von gelegentlichen Erfahrungen über Gehirnverletzungen, wohl nur die, daß Sinnesorgane und willkürliche Muskeln, von denen sichtlich das seelische Leben ausgeht und zu denen es wieder hingeht, ausnahmslos mit dem Gehirn in direkter oder nur durch das Rückenmark vermittelter Verbindung stehen, und daß ferner, wenn eine solche Verbindung durchschnitten wird, das betreffende Organ aufhört, dem geistigen Leben dienstbar zu sein. Für uns gegenwärtig ruht der Satz auf einer breiteren Basis; er wird noch durch zwei andere Gruppen von Erfahrungen sichergestellt.[1]

a) Größe und Entwickelung des Gehirns gehen im allgemeinen parallel dem Reichtum und der Höhe des geistigen Lebens. Die Tatsächlichkeit dieser Beziehung ist ungemein häufig und lebhaft bestritten worden, aber je umfassender und eingehender die Untersuchungen über sie geworden sind, desto mehr hat sie sich bestätigt.[2] Nur sind die Verhältnisse nicht so grob und einfach, wie man sie sich wohl zunächst gedacht hat; ihre Beurteilung muß vielmehr auf bestimmte Verwickelungen Rücksicht nehmen.

Das Gehirn dient dem geistigen Leben, aber daneben auch einer Fülle von anderen Dingen: Atmung, Kreislauf, Ernährung, manchen unwillkürlichen Bewegungen und der Koordination der willkürlichen. Soweit es nun sozusagen Organ des Geistes ist, wird man freilich im Zusammenhange mit einem reicheren geistigen Leben auch ein größeres Quantum von Gehirnsubstanz erwarten müssen. Soweit es dagegen als Zentralorgan rein körperlicher und ungeistiger Vorgänge fungiert, wird seine Größenentwickelung vielmehr der Größe und Masse des Körpers sowie der Intensität jener Vorgänge irgendwie parallel gehen. Nun können wir die in so verschiedenem Dienste stehenden Hirnpartien nicht reinlich voneinander sondern, um die Vergleichung von Hirngewicht und geistiger Leistung so vorzunehmen, wie sie eigentlich von der Sache gefordert wird. Aber wir müssen der bestehenden Verwickelung doch irgendwie Rechnung tragen und also

[1] Die Geschichte der allmählichen Entwicklung dieser Erkenntnis sehr eingehend bei Soury, Le système nerveux central Bd. I; 1899. Kurz bei Ziehen, Über die allgemeinen Beziehungen zwischen Gehirn und Seelenleben. 1902.

[2] Für genauere Angaben s. Ziehen, Nervensystem, in Bardelebens Handb. der Anatomie des Menschen, Bd. IV, 1 S. 353f. 1899. Artikel Cerveau in Richets Dictionnaire de Physiol. Bd. II, S. 677 f. Marchand, Über das Hirngewicht des Menschen. Abh. d. Sächs. Ges. d. Wiss. Math.-phys. Kl. Bd. 27, Nr. 4; 1902. — Die Litteratur namentlich bei Ziehen.

bei der Beurteilung der groben Untersuchungsresultate nicht einseitig bloß das absolute Gewicht des Gehirns noch auch bloß sein relatives Gewicht im Verhältnis zum Körper, sondern beide zugleich in verständige Erwägung ziehen.

Ist ein und dieselbe geistige Leistungsfähigkeit das eine Mal an einen größeren, ein anderes Mal an einen kleineren Organismus gebunden, so muß dem absoluten Betrage nach das Hirngewicht dort größer sein als hier. Denn die mit dem Körper veränderliche Komponente hat eben dort einen größeren Wert. Relativ zum Körpergewicht dagegen muß der kleinere Organismus ein schwereres Gehirn besitzen, denn die bei gleicher Intelligenz usw. konstant bleibende andere Komponente bildet einen größeren Bruchteil des leichteren als des schwereren Körpers. So verhält es sich z. B. in der Tat bei Menschen verschiedener Größe oder Schwere. Die größeren haben absolut genommen (wie sie ja im allgemeinen etwas größere Hände, Füße, Köpfe usw. haben) so auch im großen Durchschnitt ein etwas schwereres Gehirn als die kleineren, relativ dagegen ein etwas leichteres. Die Unterschiede beim Menschen sind freilich nicht erheblich (auf 1 cm Differenz der Körpergröße entfällt durchschnittlich beim Manne etwas mehr, bei der Frau etwas weniger als 8 g Gehirnsubstanz); aber bei der Heranziehung von Tieren zum Vergleich werden sie sehr beträchtlich.

Dazu kommt ein zweites Moment. Das geistige Leben ist ein einheitliches und zusammenhängendes, aber keineswegs etwas Einfaches; es betätigt sich in vielen verschiedenen Weisen: Sehen und Hören, Denken und Fühlen. Man kann sich diese Äußerungen in bezug auf ihre Höhe und ihren Wert miteinander vergleichbar denken, wie wenn man z. B. sagen wollte, daß die größere Verständigkeit des Mannes in ihrer Bedeutung für geistiges Leben überhaupt nicht höher anzuschlagen sei als das reichere Gemütsleben der Frau. Aber dabei brauchen dann nicht notwendig gleichen Graden jener verschiedenartigen Betätigungen auch gleiche Mengen von Hirnsubstanz zu entsprechen; diese können vielmehr auch verschieden sein. Um also wieder Hirngewicht und Geistigkeit in angemessener Weise miteinander zu vergleichen, müßte man eigentlich bei verschiedener Entwickelungshöhe der verschiedenen geistigen Betätigungen imstande sein, die einzelnen je mit ihrer richtigen Gehirnwertigkeit in Ansatz zu bringen. Von einer solchen Analyse aber kann noch viel weniger die Rede sein als von der vorhin erwähnten.

Es kann somit nicht wunder nehmen, daß man den behaupteten Parallelismus zwar durchaus im großen und ganzen, aber nur mit vielfachen Ausnahmen im einzelnen verwirklicht findet. Naturgemäß sind diese Ausnahmen um so zahlreicher und erheblicher, in je engeren Kreisen der Vergleichung man sich hält, d. h. je näher die verglichenen Individuen in ihren Eigenschaften einander stehen und je weniger zahlreich man sie zur Vergleichung heranzieht. Die Fülle der komplizierenden Momente ist so groß, daß sie in Einzel-

fällen sehr leicht imstande ist, die tatsächlich obwaltende Beziehung zu verdecken und anscheinend in ihr Gegenteil zu verkehren. Ernsthaften Anspruch auf Beachtung können also überhaupt nur solche Untersuchungen erheben, deren Resultate als Mittel aus sehr zahlreichen Einzelwerten gewonnen sind oder die sich über sehr verschiedene Tierspezies erstrecken. Je mehr dies beides der Fall ist, desto reiner tritt die durchgehende Gesetzmäßigkeit hervor.

Menschen von größerer geistiger Bedeutung haben im allgemeinen auch größere und reicher entwickelte Gehirne. Jedenfalls sind psychisch hochstehende Menschen niemals mit ungewöhnlich kleinen Gehirnen gefunden worden. Auffallend kleine oder wenig entwickelte Gehirne sind durchweg verbunden mit Idiotie und Blödsinn. Der Abnahme der geistigen Fähigkeiten im Alter entspricht ferner eine Abnahme des Gehirngewichts. Namentlich jenseit des 70 sten Lebensjahres ist der Unterschied gegen das vollentwickelte Gehirn ein recht beträchtlicher. Endlich haben auch geistig höherstehende und fortgeschrittenere Menschenrassen im allgemeinen größere und schwerere Gehirne als die auf niederer Kulturstufe stehenden. Freilich liegen gerade hierfür noch bei weitem nicht genügend zahlreiche Beobachtungen vor, aber soweit sie gehen, scheint das Hirngewicht der europäischen Kulturvölker größer zu sein als das aller anderen Völker.

Ähnlich ist es bei Tieren. Die nach unserem Urteil intelligenteren Tierarten zeigen durchweg auch größere Hirngewichte als die minder intelligenten, wofern man nur wie erforderlich nicht bloß die absoluten oder bloß die relativen Werte, sondern beide zugleich angemessen berücksichtigt.

Mit völliger Evidenz endlich tritt die Beziehung hervor bei der weitestmöglichen Ausdehnung der Vergleichung, nämlich bei dem Vergleich von Mensch und Tier. Wie der Mensch einerseits unbestritten das geistig bei weitem höchststehende Wesen ist, so nimmt er andererseits in bezug auf Größe und Entwickelung seines Gehirns eine so ausgezeichnete Stellung ein, wie sie von keinem Tier auch nur annähernd wieder erreicht wird.

Das absolute Hirngewicht des Menschen (in dem Lebensalter von 15—50 Jahren) beträgt durchschnittlich beim Manne 1400 g, bei der Frau 1275 g.[1] Es gibt einzelne Tiere mit größerem Hirn-

[1] Die Schwankungen der Einzelwerte sind sehr beträchtlich. Als obere und untere Grenzen, die nur in wenigen Prozenten der Fälle überschritten werden, lassen sich etwa betrachten 1200—1600 g beim Manne und 1100—1450 g bei der Frau.

Das geringere Hirngewicht der Frau erklärt sich zum Teil aus ihrer geringeren Körpergröße, aber nicht ganz. Auch wenn man von beiden Ge-

gewicht (Elefant ca. 4500 g, Grönlandswal ca. 2500 g), aber sie sind alle ohne Ausnahme ungewöhnlich groß und massig. Es ist ohne weiteres verständlich, daß die motorische Innervation ihrer kolossalen Organe (absolut genommen) viel mehr Nervenfasern und damit auch viel mehr Gehirnsubstanz für außergeistige Zwecke erfordert als beim Menschen. Ja man muß sich fast wundern, daß dies nicht in noch höherem Maße der Fall ist. Der Elefant ist an Körpergewicht 40—50 mal schwerer als der Mensch, sein Hirngewicht dagegen beträgt nur das 3—4 fache des menschlichen. Alle Tiere, deren Körpergröße der des Menschen einigermaßen nahe steht, bleiben an Gehirngewicht weit hinter ihm zurück (Gorilla ca. 400 g, Pferd 600 g, Löwe 230 g).

Das relative Hirngewicht des Menschen ist rund etwa 1 : 40; beim Manne etwas geringer als bei der Frau. Es gibt viele Tiere mit gleichem oder gar erheblich größerem relativen Hirngewicht (Meisen, Finken und andere kleine Singvögel, kleine Affen), aber sie sind alle ohne Ausnahme im Vergleich mit dem Menschen sehr klein. Ihr absolutes Hirngewicht ist also neben dem des Menschen geradezu verschwindend. Außerdem weiß man, daß bei jenen kleinen Tieren die rein physiologischen Funktionen wie Kreislauf, Stoffwechsel u. a. mit relativ großer Energie von statten gehen, ferner daß z. B. ihre Muskeln relativ feinfaserig sind, daß sie also auch, natürlich nicht der absoluten Zahl nach, aber doch im Verhältnis zu ihren geringen Querschnitten mehr Nervenfasern erfordern als bei größeren Tieren. Von dem an sich schon geringfügigen Hirngewicht steht also vermutlich noch ein relativ großer Teil im Dienst des rein animalen oder vegetativen Lebens und kommt für das Geistige nicht in Betracht. Alle Tiere, deren Körpergröße der des Menschen einigermaßen nahe steht, bleiben, wie an absolutem, so auch an relativem Hirngewicht weit hinter ihm zurück (Pferd, Rind, Löwe ca. 1 : 500, großer Hund ca. 1 : 300). Gerade diejenigen aber, die ihn an absolutem Hirngewicht übertreffen, haben an relativem die geringsten, zum Teil äußerst geringfügige Werte (Elefant ca. 1 : 600, Grönlandswal 1 : 15 000). Kurz, es existiert kein Tier, bei dem auch nur annähernd ein so hohes absolutes mit einem so hohen relativen Hirngewicht vereinigt gefunden würde, wie bei dem Menschen, durchaus

---

schlechtern nur Individuen von gleicher Körpergröße (oder gleichem Körpergewicht) miteinander vergleicht, bleibt das Gehirn der Frau um rund 90 g hinter dem des Mannes zurück. Das relative Hirngewicht der Frau, welches im allgemeinen Durchschnitt etwas größer ist als das des Mannes, wird also bei Berücksichtigung gleicher Körpergröße ebenfalls etwas kleiner. Worauf der Unterschied beruht, ob auf einer verschiedenen Anzahl oder vielleicht auf einer verschiedenen Feinheit der nervösen Elemente, entzieht sich unserer Kenntnis.

übereinstimmend mit seiner unvergleichlich hervorragenden Stellung in geistiger Hinsicht.

b) Äußerlich beigebrachte Verletzungen oder durch die Natur hervorgebrachte Krankheiten des Gehirns sind im allgemeinen begleitet von Störungen der psychischen Funktionen, und umgekehrt sind Anomalien des geistigen Lebens im allgemeinen begleitet von Veränderungen in der Struktur oder der Funktion des Gehirns. Freilich existieren gerade von diesem Verhältnis zahlreiche und anscheinend frappante Ausnahmen. Fälle von Gehirnläsionen, die mit geringen oder gar keinen Beeinträchtigungen des Geisteslebens verbunden waren, findet man besonders in der älteren Literatur in ziemlicher Menge verzeichnet. Namentlich aber lassen sich umgekehrt für zahlreiche geistige Störungen, nämlich für die sog. Neurosen (Hysterie, Neurasthenie) und für alle Geisteskrankheiten im engeren Sinne (Melancholie, Manie) auch heute noch schlechterdings keine materiellen Defekte im Gehirn nachweisen. Indes bei genauerer Prüfung erkennt man auch hier, daß alle Ausnahmen die in Wirklichkeit vorauszusetzende und in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle direkt hervortretende Gesetzmäßigkeit keineswegs erschüttern.

Was das eine betrifft, Gehirndefekte ohne geistige Störungen, so gehören die Beispiele wie erwähnt vorwiegend der älteren Literatur an, in der neueren sind sie bedeutend seltener geworden. Warum wohl? Weil man früher oberflächlich beobachtete und erst allmählich die schwierige Kunst genaueren Beobachtens gelernt hat. Geringere Grade geistiger Störungen sind durchaus nichts, was etwa mit einem halben Dutzend Fragen festgestellt werden könnte. Sie können unter Umständen selbst bei täglichem Zusammenleben verborgen bleiben oder doch höchstens als kleine Sonderbarkeiten passieren und enthüllen sich erst bei umfassenden und methodischen Prüfungen. Man denke nur daran, wie z. B. eine so beträchtliche Anomalie des Sehens wie die sog. Farbenblindheit sich bis vor einigen Menschenaltern der wissenschaftlichen Kenntnis überhaupt entzogen hat und auch jetzt noch im allgemeinen weder durch direkte Fragen noch durch die Praxis des täglichen Lebens herausgefunden werden kann. Erstaunliche Berichte also, die sich nicht auf eine sozusagen raffinierte Untersuchung berufen können, haben keinen Wert. Dazu kommt weiter, daß das Gehirn ein nicht nur auf den engsten und knappsten Bedarf, sondern mit einem gewissen Reichtum angelegtes Organ ist. Fast alle seine Teile z. B. sind paarig ausgebildet. Und so vermag es Schädigungen mäßigen Umfangs unter Umständen durch das Eintreten anderer Teile an Stelle der zerstörten auszugleichen und zu verdecken (s. § 10, 3).

Für die andere Kategorie von Ausnahmen, geistige Anomalien ohne Gehirnbefund, *sine materia* wie man sagt, gilt zunächst Gleiches wie soeben bemerkt. Auch die Feststellung materieller Veränderungen im Gehirn und seinen Elementen ist eine schwierige Kunst. Sie hat neuerdings rasche Fortschritte gemacht, aber gerade dadurch ist uns recht zum Bewußtsein gekommen, wie vieles hier unserer Kenntnis noch verborgen ist. Außerdem aber ist folgendes zu bedenken. Gewisse Störungen des Gehirns werden voraussichtlich unserer direkten Beobachtung stets unzugänglich bleiben, auch wenn es noch so sicher ist, daß sie vorhanden sind, solche nämlich, bei denen die Funktion des lebenden Organs das Gestörte ist, die Art und Weise, wie es arbeitet. Denn was zu unserer Untersuchung kommt ist das tote Organ und arbeitet nicht mehr. Daß aber alle Funktionsstörungen mit Änderungen der materiellen Struktur verbunden sein müßten, die nach dem Tode noch erkennbar wären, ist offenbar nicht nötig. Niemand zweifelt, daß die Weitsichtigkeit der älteren Leute ein Defekt des Auges ist. Gleichwohl ist an dem herausgenommenen und noch so sorgfältig untersuchten Auge von einer entsprechenden materiellen Schädigung nichts zu entdecken. Denn der Akkommodationsapparat, auf dessen ungenügend gewordenem Funktionieren die Sache beruht, funktioniert jetzt überhaupt nicht mehr. So können auch Störungen des Blutumlaufs im Gehirn, Störungen in der Assimilationstätigkeit der Zellen oder in der Erregungsleitung der Fasern, solange sie noch nicht zu gröberen materiellen Änderungen geführt haben, nicht mehr nachgewiesen werden, wenn Blutzirkulation und Assimilation längst erloschen sind. Sie können nur aus gewissen Anzeichen indirekt erschlossen werden, und auf solchen Schlüssen beruht eben die Berechtigung des behaupteten allgemeinen Satzes.

2. Sitz der Seele. Wie das Gehirn im einzelnen am Dienst des Geistigen arbeitet, wird weiterhin dargestellt werden; vorweg nur noch eine allgemeine Charakterisierung ihres Wechselverhältnisses. In engem Zusammenhange mit der Auffassung der Seele als eines unteilbar einfachen Wesens hat man sich ihre Beziehungen zu dem Gehirn an einen einzelnen Punkt oder doch höchstens an einen eng umschriebenen kleinen Bezirk gebunden gedacht. Offenbar nämlich besteht eine große Schwierigkeit, sich den Verkehr eines einfachen und unräumlichen Seelenwesens mit einem räumlich so ausgedehnten Organ wie das Gehirn gleichsam durch dessen ganze Masse hindurch vorzustellen. Die immaterielle Substanz gerät in Gefahr, selbst etwas Raumerfüllendes zu werden, wenn sie doch die Ausdehnung eines räumlichen Gebildes teilen kann. Sie scheint höchstens von dem un-

ausgedehnten Element des Raumes, nämlich von einem Punkt aus, in ihn hineingreifen, oder dort die aus ihm herkommenden Wirkungen empfangen zu können. So hat man dann namentlich im 17. und 18. Jahrhundert, im Sinne erst der Descartischen, dann der Leibnizischen Philosophie, überaus emsig nach einem solchen „Sitz der Seele" gesucht. Descartes selbst sah ihn bekanntlich in der Zirbeldrüse, einem kleinen Gebilde inmitten des Gehirns, dessen wirkliche Bedeutung beim Menschen noch unbekannt und vermutlich untergeordneter Art ist. In der Folgezeit hat man dann so ziemlich alle übrigen nicht doppelt vorhandenen Teile des Gehirns als Seelensitze in Anspruch genommen, Balken, Brücke, verlängertes Mark und andere.

Alles Suchen, so kann man jetzt mit völliger Bestimmtheit sagen, ist vergeblich; das vorausgesetzte und von der Substanztheorie unabweislich geforderte Zentrum des Zentralorgans existiert nicht. Sowohl die Struktur des Gehirns wie auch seine Funktion haben vielmehr der fortschreitend in sie eindringenden Forschung eine ganz andere Vorstellung aufgezwungen.

Wie müßte das Gehirn innerlich wohl aussehen, um für einen irgendwo in ihm enthaltenen Sitz der Seele zweckentsprechend gebaut zu sein? Bildlich gesprochen etwa wie die Eisenbahnkarte von Frankreich. Das heißt, die ein- und ausstrahlenden Nervenbahnen müßten mit einer gewissen Bestimmtheit auf ein und denselben Mittelpunkt weisen, auf den sie hinzielen oder von dem sie herkommen. Das ist jedoch keineswegs der Fall. Die Hirnnerven sind über ein ziemlich weites Gebiet verteilt und in diesem streben sie nicht etwa möglichst schnell und kompakt einem gemeinsamen Zentrum zu oder kommen von einem solchen her. Sondern die eintretenden Nerven splittern sogleich nach ihrem Eintritt auseinander in ihre einzelnen Fasern und endigen dann bald, hören vollständig auf, und die austretenden entspringen erst aus Zellen, die unmittelbar vor den Stellen ihres Austritts gelagert sind. Die Fasermassen aber, die jenen Endigungen oder Anfängen weiter angeschlossen und aufgebaut sind, zeigen keine Spur einer zentralistischen Anlage. Sie bilden vielmehr gleichsam die Verkörperung einer absoluten Dezentralisation: alle einzelnen Gebiete erscheinen möglichst gleichmäßig mit allen übrigen in Verbindung gesetzt.

Wie müßte ferner das Gehirn funktionieren bei dem Vorhandensein eines einfachen Seelensitzes? Offenbar müßte durch Zerstörung dieser einen bestimmten Stelle oder durch ihre Ausfüllung mit anderem als dem normalen Gewebe alles geistige Leben in seiner Abhängigkeit von dem Körper völlig aufgehoben werden können. Läsionen aller anderen Stellen dagegen müßten relativ unerheblich sein und nur etwa soweit in Betracht kommen, als sie die Verbindungen mit

bestimmten peripheren Organen unterbrächen. Von solchem Verhalten aber kann gar keine Rede sein. Freilich ist das Gehirn nicht in allen seinen Teilen schlechthin gleichwertig für das psychische Leben: es wurde ja bereits erwähnt, daß es unter anderem auch rein vegetativen Vorgängen dient, die naturgemäß irgendwo vorwiegend vertreten sein werden, und andere Unterschiede der Wertigkeit werden wir kennen lernen. Aber nirgendwo hat sich eine einzelne kleine Stelle finden lassen, die für das Vonstattengehen der geistigen Vorgänge eine unbedingt hervorragende und unvergleichliche Bedeutung besäße. Der Dienst des Gehirns an den geistigen Funktionen ist vielmehr über zahlreiche und weit ausgedehnte Gebiete verteilt, deren je mehrere untereinander annähernd gleichwertig sind; die letzten Orte der Beziehungen zwischen Seele und Gehirn befinden sich tatsächlich an räumlich weit voneinander gelegenen Stellen dieses großen Organs. (Näheres § 11, 2.)

Mit dieser erfahrungsgemäßen Eigentümlichkeit der Beziehungen zwischen Gehirn und Seele ist nun aber auch der wesentlichste Grund gegeben gegen die Möglichkeit von unteilbar einfachen Seelenwesen. auf den oben (S. 11) schon hingewiesen wurde. Denn wenn die Seele mit bestimmten ganz verschiedenen ihrer Manifestationen sich gebend und empfangend an bestimmten ganz verschiedenen Stellen eines räumlichen Gebildes betätigt, so ist damit doch wahrlich gesagt, sie ist selbst irgendwie ein räumliches Wesen. Der Ausdruck mag befremden und soll freilich auch noch nähere Erläuterung empfangen, aber wenn man nicht mit Worten spielen will, kann man seine Berechtigung nicht leugnen. Das räumliche Dasein eines Wesens besteht doch in nichts anderem, als daß es gleichzeitig an verschiedenen Orten des Raumes in Verbindung steht mit der übrigen Welt, daß es durch räumliche Eingriffe an jenen Orten in seiner Existenz gefördert und gehemmt werden kann. Eben das ist aber alles der Fall mit der Seele, und sie ist also, gewiß nicht in jeder Hinsicht, aber allerdings in gewisser Hinsicht, selbst als räumliches Wesen zu bezeichnen.

Man hat nun freilich eingewandt, Räumlichkeit und Materialität seien selbst nichts Letztes und Eigentliches, sondern nur etwas Subjektives und Phänomenales, Vorstellungen aus dem Bereiche des Seelischen. Die Bemerkung ist unbedingt richtig, — wir werden ihr weiterhin noch ausreichend Rechnung tragen, — aber zu unteilbar einfachen Seelen verhilft sie gar nicht. Wenn es scheint, als ob sie es täte, so beruht das auf einer Umgehung der Streitfrage. Es handelt sich darum: haben wir sachliche Veranlassung, das Seelische in einen unbedingten und scharfen Gegensatz zu bringen zu der Art und Weise des Daseins, die wir als Ausgedehntsein und Materiellsein an

Pflanzen, tierischen Leibern usw. alle kennen? Und die Antwort ist: nein, wir haben solche Veranlassung nicht, das Seelische zeigt sich dieser räumlichen Art des Daseins nicht enthoben und entgegengesetzt, sondern es hat in gewisser Weise Teil an ihr und an allem, was mit ihr zusammenhängt, es greift an und kann selbst angegriffen werden an verschiedenen Orten eines räumlichen Organs, es läßt sich mit diesem geradezu zerteilen, verstümmeln und selbst zerstören. Was solche räumliche Realität nun sonst noch und eigentlich ist, ist gewiß an sich sehr wichtig zu untersuchen und festzustellen; allein die in bezug auf die Räumlichkeit der Seele zu gebende Antwort kann dadurch niemals geändert werden. Mag Räumliches an sich sein, was es wolle; mit eben der halben, scheinbaren oder sonstwie zu bezeichnenden Realität, die es in Pflanzen und Tieren, in Felsen und Abgründen hat, mit eben dieser ist es auch für das Seelische von Bedeutung, das ist der springende Punkt; man darf dieses Seelische also zu ihm nicht in einen schroffen Gegensatz bringen und für etwas ganz Disparates erklären. Diese Nötigung erwächst durchaus aus der Erfahrungstatsache des sogenannten ausgedehnten Seelensitzes; beständen diese Erfahrungen nicht, so bestände auch die Nötigung nicht, und ebendarum hat die ganze Frage ein so eifriges jahrhundertelanges Suchen veranlaßt.

Die Beziehungen zwischen Seele und Leib weisen also, um zusammen zu fassen, nicht hin auf außerräumliche, immaterielle und deshalb einfache, den Seeleninhalt tragende Wesen, sondern auf Träger, die mit Räumlichkeit, Materialität und Teilbarkeit in sehr enger und erheblicher Weise zu tun haben. Besondere Wesen in gewissem Sinne bilden sie freilich, da sie immer nur als einheitlich zusammenhängende Verbände vorkommen, aber dies durchaus nur in dem Sinne, in dem man auch die Gebilde der organischen Welt als besondere Wesen bezeichnet: als einheitlich geschlossene und reichgegliederte Systeme, deren Teilinhalte wechselseitig einander tragen und voneinander getragen werden, und von deren Bestande gewisse Teilverbände erheblich langsamer und allmählicher sich ändern als andere.

Der letzte nennenswerte Vertreter des „einfachen Seelensitzes" war Lotze in seinen früheren Schriften. Er hielt es für möglich, daß die Nerven in einem relativ ausgedehnten aber faserlosen nervösen Parenchym einmündeten, daß in diesem ihre Erregungen sich ohne Widerstand weiter verbreiteten und so die irgendwo darin sitzende substanzielle Seele erreichten (Medizin. Psychol. S. 118). Später hat er diese in allen Punkten unmöglich gewordene Anschauung stillschweigend aufgegeben. Da er aber die substanzielle Seele gleichwohl festzuhalten bemüht war, so ergab sich eine gewisse innere Diskrepanz, von der z. B. die umständliche Darstellung der Metaphysik (1897, S. 574 ff.) Zeugnis ablegt. Lesenswert ist zu der Frage die Auseinandersetzung Fechners (Psychophysik II. Kap. 37 c). Den Charakter einer „Frage" hat die Sache seitdem freilich verloren.

§ 4. Seele und Leib. Theorien.[1]

Es entsteht nun die Frage, wie hat man die zwischen Gehirn und Seelenleben tatsächlich bestehenden engen Beziehungen theoretisch aufzufassen und zu deuten? welcher Art ist das zwischen ihnen obwaltende Verhältnis? Darauf sind verschiedene Antworten gegeben worden, die sich im Grunde auf zwei große Typen zurückführen lassen.

1. Wechselwirkung. In eine erste Auffassung der Sache wachsen wir alle gleichsam hinein. Sie ist vielleicht die dem natürlichen Menschen nächstliegende; außerdem hat sie sich von alters her einem bedeutenden Faktor unseres Kulturlebens innig angegliedert und nunmehr für uns etwas Selbstverständliches und Ursprüngliches gewonnen, indem sie uns anerzogen wird. Sie pflegt eng verbunden aufzutreten mit der bereits erledigten Behauptung einfacher substanzieller Seelen, allein sie hat doch auch unabhängig davon ihre charakteristischen Züge und diese lassen sich auf die hier zugrunde gelegte unsubstanzielle Auffassung von der Seele wohl übertragen denken.

Gehirnprozesse und geistiges Leben, so haben wir zunächst alle gelernt, sind völlig disparate und unvergleichliche Arten des Geschehens, getragen von zwei in jeder Hinsicht einander entgegen-

[1] In den letzten Jahren ist eine ziemlich ansehnliche Literatur über den Gegenstand entstanden, von der hier indes nur einzelnes genannt werden kann. Die oben bekämpfte Theorie der Wechselwirkung vertreten u. a.: Stumpf, Leib und Seele; Eröffnungsrede des III. Intern. Kongresses für Psychol. in München, 1896 (Sonderdruck 1903). Wentscher, Über physische und psychische Kausalität und das Prinzip des Parallelismus; 1896. Erhardt, Die Wechselwirkung zwischen Leib und Seele; 1897. Namentlich Busse, Geist und Körper, Seele und Leib; 1903 (mit sehr eingehender Darlegung und Erörterung aller überhaupt möglichen Standpunkte und vollständigen Literaturnachweisen in den Anmerkungen). — Die Theorie des sog. Parallelismus, der ich mich selbst anschließe, findet sich bei: G. Th. Fechner, Psychophysik, Einleitung, und: Die Seelenfrage; 1861. Paulsen, Einleitung in die Philosophie I, 1 Nr. 4 u. 5. (Dazu auch Zeitschr. f. Philos. u. philos. Kritik, Bd. 115, 1 u. 123, 74, wo überhaupt von Bd. 114 ab zahlreiche Abhandlungen über die Frage.) Heymans, Zur Parallelismusfrage; Zeitschr. f. Psycholog., Bd. 17 S. 62; 1898. Strong, Why the Mind has a Body; 1903. Von erkenntnistheoretischen Gesichtspunkten aus, die mir im Grunde freilich nicht zwingend erscheinen (s. S. 43), gelangt zu ihr auch Riehl, Der philosophische Kriticismus Bd. II, 2 S. 176. — Verwandte Anschauungen, auf deren Besonderheiten hier jedoch nicht eingegangen werden kann, bei: Wundt, Über psychische Kausalität und das Prinzip des psychophysischen Parallelismus, Philos. Studien Bd. X S. 1; 1894. System der Philos. 2. Aufl. 1897. Jodl, Lehrb. der Psychologie, 2. Aufl., Bd. I S. 68f., 1903. Münsterberg, Grundzüge der Psychologie, Bd. I S. 402, 1900.

gesetzten Arten von Wesen, materiellen Körpern und Seelen. In weiten Bereichen des Daseins sind diese völlig unabhängig voneinander; die Vorgänge der anorganischen Natur z. B. haben nichts zu tun mit seelischem Leben, und das logische Denken der Seele, ihre Beurteilung der Dinge nach ethischen oder ästhetischen Gesichtspunkten nichts mit materiellen Prozessen. Aber ungeachtet aller Verschiedenheit sind beide Wirklichkeitsformen doch auch vielfach aneinander gebunden; in dem menschlichen wie auch dem tierischen Organismus treten sie in Beziehungen zueinander. Das Geistige tritt erst auf, wenn die materiellen Bildungen eine gewisse Höhe der Entwickelung erreicht haben; namentlich aber vermögen beide *wechselseitig aufeinander einzuwirken.* Bewegungsvorgänge im Gehirn verursachen, bewirken in der Seele Empfindungen und Gedanken; sie verwandeln und transformieren sich gleichsam in diese und geben dadurch Veranlassung zu jenen selbständigen und höheren Betätigungen der Seele. Und umgekehrt greift die Seele in ihren Willensakten abändernd und lenkend ein in das materielle Getriebe; ihre Überlegungen und Entschlüsse setzen sich wieder um in nervöse Prozesse und bringen dadurch die Bewegungen des Körpers in den Dienst sinnvoller Zwecke. Wie diese zwiefache Umwandlung des Ungleichartigen ineinander eigentlich möglich ist, vermögen wir freilich nicht einzusehen, aber es ist unberechtigt, so etwas überhaupt zu verlangen. Wie es zugeht, daß ein stoßender Körper einen ruhenden zur Fortbewegung veranlaßt, vermögen wir auch nicht eigentlich zu verstehen und in seinem inneren Hergange zu begreifen; wir müssen uns überall bescheiden, die in der Erfahrung unzweideutig gegebenen Kausalverhältnisse als solche anzuerkennen, ihre Glieder mögen sein, welche sie wollen. Außerdem darf man sich natürlich die Dinge nicht unverständig vorstellen; die Seele z. B. vermag als immaterielles Wesen nicht ohne weiteres die Arme und Beine zu heben oder den Kopf zu schütteln: die materielle Energieentfaltung, deren sie direkt fähig ist, ist nur eine minimale. Aber sie ist so günstig gestellt inmitten eines großen Magazins aufgespeicherter körperlicher Energie, daß ihr geringer Eingriff genügt zur Entfesselung sehr bedeutender Kräfte, die im übrigen ganz nach materiellen Gesetzen erfolgt. Ihre mechanische Leistung ist nur eine auslösende oder Richtung ändernde, ähnlich wie bei dem Druck auf das Steuer eines Schiffes oder auf den Abzug einer Schußwaffe.

Besonders wichtig an diesem Verhältnis der wechselseitigen Einwirkung ist die der Seele dabei zumeist zugeschriebene Freiheit. Was durch materielle Bewegungen in ihr hervorgebracht wird oder an Bewegungen aus ihr hervorgeht, das hängt selbstverständlich einerseits

ab von den jeweiligen nervösen Prozessen und rückwärts von deren äußeren Ursachen, andererseits von der ursprünglichen Natur und den durch Erfahrung erworbenen Einsichten und Eigenschaften der Seele. Aber es wird durch diese beiden Faktoren keineswegs unbedingt und ausschließlich bestimmt. Vielmehr besitzt die Seele die Fähigkeit, die schließliche Entscheidung auch im Gegensatz zu allen jenen, allerdings mitspielenden, Einwirkungen frei aus sich heraus zu geben, sich den äußeren Eindrücken zuzuwenden oder zu entziehen, bestimmte Bewegungen hervorzurufen oder zu unterdrücken. Sie ist (natürlich immer nur innerhalb gewisser Schranken ihrer Macht) frei und unabhängig sozusagen von allem was verursacht, frei sogar von ihrem eigenen Charakter und ihrer eigenen Vergangenheit, durchaus selbständig in jedem Moment und sich selbst bestimmend. Was eine bestimmte Seele unter bestimmten Umständen zu einer bestimmten Zeit erlebt und tut, ist niemals völlig eindeutig bestimmt; es hätte unter derselben Konstellation aller mitwirkenden äußeren und inneren Momente in der unmittelbar zurückliegenden Vergangenheit stets auch anders sein können als es tatsächlich gewesen ist.

Alles in allem wird das Verhältnis zwischen Gehirn und Seele nach dieser Theorie am besten verglichen mit dem eines Werkzeuges zu seinem Meister. Das Gehirn ist das Organ, dessen sich die Seele bedient, um gebend und empfangend in Verbindung zu treten mit einer ihr eigentlich wesensfremden Welt. Auf einer großen Orgel mit vielen Registern lassen sich reichere Kompositionen aufführen als auf einer kleinen mit spärlichen Hilfsmitteln; der größte Virtuose scheitert mit seiner Kunst, wenn er sich auf einem verstimmten oder zerschlagenen Flügel produzieren soll; alles Genie eines Feldherrn ist lahmgelegt, wenn sich seine Patrouillen betrinken oder die fechtenden Truppen vor Hunger versagen. Nach solchen Analogien ist es zu verstehen, sagt die Theorie der Wechselwirkung, wenn auch die Seele bei ihren Äußerungen durchaus abhängig ist von Größe, Unverletztheit, normaler Beschaffenheit usw. des Gehirns, auf das sie angewiesen ist.

Wie ist diese Auffassung der Dinge zu beurteilen? Zweifellos hat sie ihre starken Seiten. Soweit wir die äußeren Vorgänge, die mit unseren seelischen Erlebnissen zusammenhängen, tatsächlich wahrnehmen können, sind sie etwas, was unseren sinnlichen Empfindungen v o r h e r g e h t und unseren Willensakten n a c h f o l g t; und es ist sicherlich eine naheliegende Folgerung, daß sie in dem einen Falle die Ursachen und im anderen die Wirkungen des Geistigen seien. Außerdem erscheint dem natürlichen Bewußtsein jene Aktivität und Selbstbestimmung der Seele gegenüber der Außenwelt als eine unmittelbar

zu beobachtende Tatsache, der die Theorie somit aufs beste Rechnung trägt. Gleichwohl stehen ihr zugleich schwerwiegende Gegengründe entgegen. Mit ihrer Aufrechterhaltung ist es nach unserer gegenwärtigen besten Einsicht unmöglich, die geistige und die körperliche Welt einheitlich und nach denselben Prinzipien zu betrachten; Psychologie und Physiologie würden über dieselbe Sache durchaus Verschiedenes lehren. Denn die Theorie der Wechselwirkung führt zu unlösbaren Konflikten mit zwei der wichtigsten Grundanschauungen unserer Naturwissenschaft.

Zunächst durch ihre Behauptung einer Freiheit im Sinne von Ursachlosigkeit.[1]

Für das gesamte Geschehen der Außenwelt gilt nach der besten Überzeugung derer, die es eingehend beobachtet und geprüft haben, als fundamentales Prinzip die Erhaltung der Energie. Das heißt: bei allen Umwandlungen der körperlichen Dinge ineinander und bei allem Wechsel des Geschehens an ihnen bleibt stets ein Faktor unverändert, an dem sie alle in wechselndem Maße Anteil haben, nämlich ihre Fähigkeit, (unter geeigneten Umständen) mechanische Arbeit zu verrichten. Diese Fähigkeit, die eben Energie genannt wird, haftet an den verschiedensten Eigenschaften oder Vorgängen, z. B. an den Bewegungen der Dinge (kinetische Energie), ihren Entfernungen (potentielle Energie), an ihrer chemischen Verwandtschaft, ihren thermischen und elektrischen Verhältnissen. Alle diese Manifestationsweisen können sich aufs mannigfaltigste ineinander umsetzen und einander vertreten, aber immer wenn es geschieht bewahren sie dabei ein bestimmtes festes Verhältnis. Für ein bestimmtes (in bestimmter Weise zu messendes) Quantum des einen Agens oder Prozesses, das irgendwo für unsere Beobachtung verschwindet, entsteht anderswo immer ein bestimmtes Quantum eines anderen Agens, und stets ist dabei die Energie, d. h. der Arbeitswert der einander äquivalenten

[1] Das Wort Freiheit hat nämlich außer dem obigen, u. a. der altchristlichen Religionsphilosophie entstammenden Sinn noch einen anderen, der sogar im täglichen Leben fast allein gemeint ist. Hier bedeutet es Freiheit nicht von Verursachung, sondern von Zwang, von einer außerhalb des Handelnden liegenden Hemmung, durch deren Abwesenheit aber die strenge Gesetzmäßigkeit des Geschehens in keiner Weise geändert wird. So wenn wir von einem Tier sagen, daß es in Freiheit, d. h. nicht im Stall und an der Kette aufgewachsen sei, oder von Sklaven und Kriegsgefangenen, daß ihnen die Freiheit geschenkt worden sei. Von solcher Freiheit sprechen wir selbst bei leblosen Dingen, z. B bei einem frei steigenden Ballon im Gegensatz zu einem Fesselballon oder bei dem freien Fall im Gegensatz zu dem durch ein widerstehendes Medium verlangsamten. Selbstverständlich hat Freiheit in diesem Sinne auch für das Seelenleben Realität und Bedeutung, indes kann davon erst später gehandelt werden.

Quanta, von derselben Größe, ganz einerlei, wie die Umsetzungen geschehen, ob vorwärts oder rückwärts, direkt oder durch beliebige Zwischenstadien, in viel oder wenig Zeit. Die Energie wechselt nur die materiellen Systeme, an die sie jeweilig gebunden ist, sowie die eigentümlichen Formen, in denen sie sich uns darstellt, nicht aber ihre Größe.

Betrachten wir unter diesem Gesichtspunkt einen menschlichen oder tierischen Organismus, zugleich im Wechselverkehr mit seiner Umgebung. Er ist ein ungemein verwickeltes Gebilde in seinem Bau und seinen Funktionen und zugleich erstaunlich zweckmäßig in bezug auf seine eigene Erhaltung und die Hervorbringung ähnlicher Gebilde, aber bei alledem für die naturwissenschaftliche Betrachtung lediglich ein materielles System wie andere auch, durch das die Umsetzungen der verschiedenen Energieformen eine Weile hindurchgehen. Das System empfängt große Energiezufuhren aus seiner Umgebung, wesentlich in der Form der chemischen Kräfte der Nahrungsmittel. Diese transformieren sich in seinem Inneren in der mannigfachsten Weise, auf die es hier nicht ankommt, und werden schließlich in den verschiedensten Formen nach außen wieder abgegeben. Das System strahlt ununterbrochen große Wärmemengen aus an die Umgebung, es bewegt seine Gliedmaßen, erschüttert die Luft durch seine Sprachorgane, liefert unter Umständen elektrische Ströme usw. Wie das alles im einzelnen aber auch beschaffen sein möge, im ganzen müssen jedenfalls die Äquivalente der nach außen abgegebenen und der von außen zugeführten Energien durchaus dieselbe Größe haben. An die Umgebung kann nur abgegeben werden, was in irgendwelcher Form vorher aus ihr aufgenommen wurde; und umgekehrt: was dem System zugeführt wird, muß in irgendwelcher Weise, falls es sich völlig verausgabt, auch wieder als Arbeitswert zutage treten. Mit völliger Genauigkeit gilt diese Beziehung natürlich nur — dann aber auch in der Tat strenge genau — wenn man die Betrachtung ausdehnt über die ganze Lebensdauer des Systems und dabei seinen Anfangs- und Endzustand mitberücksichtigt. Die Summe der von dem Organismus bei der Geburt mitgebrachten Energien vermehrt um alles das, was ihm während seines Lebens in irgendwelcher Form zugeflossen ist, muß genau äquivalent sein der Summe der von ihm wieder nach außen abgegebenen Energien vermehrt um das, was dem Leichnam an Arbeitswert noch verbleibt.

Beschränkt man die Betrachtung auf sehr kurze Zeiten, einige Minuten etwa oder auch Stunden, und läßt dazu den jeweiligen Energiebestand des Organismus außer Ansatz, so kann man natürlich jene Äquivalenz zwischen Zufuhr und Abgabe nicht mehr erwarten. Vielmehr findet man jetzt eine typische Ab-

weichung von ihr, die von der gewöhnlichen Betrachtung leicht mißdeutet wird, aber sich ganz einfach erklärt, nämlich die Erscheinung der sog. *Reizbarkeit.* Die Arbeitsleistungen, die der Organismus im unmittelbaren Anschluß an die Eindrücke der Außenwelt vollführt, übertreffen bekanntlich den Energiegehalt dieser Eindrücke oft um das Tausend- und Millionenfache. Man denke an die gewaltigen Wirkungen, die eine leise Berührung in der Dunkelheit oder ein unbedachtes Wort oder der Anblick einiger Schriftzüge entfesseln kann. Natürlich sind diese Leistungen nicht etwa äquivalente Umsetzungen der unmittelbar vorher zugeführten geringfügigen Energien der Reize. Sie werden vielmehr bestritten aus den augenblicklichen Beständen des Organismus; in diesem aber ist ihr Energiegehalt zum Teil noch verfügbar gewesen von vorangegangenen Nahrungsaufnahmen her, zum Teil wird er nachträglich wieder gedeckt durch spätere Zufuhren. Der Reiz bewirkt nur eine Auslösung vorhandener Kräfte, ähnlich wie ein leichter Schlag mit einem Hammer eine Explosion, oder ein Druck auf einen Hebel die Bewegung eines ganzen Eisenbahnzuges auslösen kann. Und das ganze Phänomen hat seine natürliche Ergänzung in der zu anderen Zeiten vorwiegenden charakteristischen *Unreizbarkeit*, darin nämlich, daß gerade unmittelbar nach der Zuführung der großen Energievorräte der Nahrungsmittel die Arbeitsleistungen des Systems nach außen in der Regel ein Minimum sind. Wenn auch in unendlich größerer Kompliziertheit liegt doch prinzipiell hier nichts anderes vor, als was in einfachster Form an jedem Feuer zu beobachten ist. Die starke Energieentfaltung, die durch das Anblasen des Feuers hervorgerufen wird, ist nicht etwa das Äquivalent der Stoßkraft der zugeführten Sauerstoffteilchen, sondern entstammt anderen Prozessen, für die nicht jener Stoß, sondern das Vorhandensein vorher zugeführter Kohle die Hauptsache ist. Dabei aber ist eine solche Steigerung der thermischen Energieabgabe nicht dann schon möglich, wenn das Feuer gerade mit frischer Kohle beschickt ist, sondern erst eine Weile nachher.

Offenbar nun sind mit diesem ganzen Getriebe äquivalenter Umsetzungen von Energieformen freie Eingriffe seitens seelischer Kräfte völlig unvereinbar. Könnte die Seele nervöse Vorgänge, die an sich (d. h. ohne Abänderung durch einen Akt der Willkür) sie zu einer gewissen Handlung veranlassen würden, unwirksam machen, indem sie sich ihnen entzieht oder sie unterdrückt, so würde Energie verloren gehen, nämlich der Arbeitswert eben des von der Seele unterlassenen Bewegungsanstoßes. Könnte sie umgekehrt eine nervöse Bewegung hervorrufen, zu der in der unmittelbar vorangegangenen Gestaltung ihrer eigenen und der materiellen Zustände nicht die vollständigen Prämissen enthalten wären, so würde Energie neugeschaffen werden. Man hat auf verschiedene Weise versucht, diesen Konsequenzen auszuweichen. Die seelischen Eingriffe, sagen die einen nach dem Vorgange Descartes', könnten in bloßen Richtungsänderungen bestehen und dadurch bedeutende Verschiedenheiten der materiellen Wirkungen herbeiführen, ohne daß doch der Energiegehalt der bewegten Teilchen irgendwie geändert würde. Oder die Seele, meinen andere, könnte bloß den durch das materielle Getriebe

unbestimmt gelassenen Moment bestimmen, in dem eine Umsetzung etwa von potentieller in kinetische Energie stattfände, sie könnte eine solche Umsetzung durchaus nach den dafür maßgebenden Äquivalenten auslösen, ohne dabei die ins Spiel tretenden Energien selbst im mindesten zu ändern (Rehmke, Wentscher u. a.). Indes mit beiden Auskünften ist nicht zu helfen. Bei klarer Einsicht in den in ihnen enthaltenen physikalischen Sinn verschwindet ihre Möglichkeit. Richtungsänderung bewegter Teilchen heißt, mechanisch gesprochen, allemal: Einführung einer Seitenkraft von bestimmter Richtung und von bestimmtem Arbeitswert. Und Auslösung einer bis dahin nicht erfolgten Energieumsetzung heißt (wenigstens in der realen Welt im Gegensatz zu der Welt vereinfachter mathematischer Fiktionen): Herbeiführung eines Anstoßes, der zu jener Umsetzung bis dahin noch fehlte, oder Beseitigung eines Hindernisses, das sich ihr bis dahin noch entgegensetzte. Auch die von manchen mit Vorliebe behauptete Geringfügigkeit der Einzeleingriffe ist prinzipiell gleichgültig. Bei genügend häufiger Wiederholung von Eingriffen in demselben Sinne, zumal während eines längeren Lebens, müßte man ja doch wohl endlich einen merklichen Effekt zugestehen.

Hier erscheint nur ein Weg als gangbar. Will man die uns vertraute und unsere Ausdrucksweise im praktischen Leben jedenfalls beherrschende Annahme einer Wechselwirkung zwischen geistigen und Gehirnvorgängen im Rahmen einer einheitlichen Weltbetrachtung nach Möglichkeit festhalten, so ist unter Beseitigung der Freiheit nur folgende Gestaltung dieses Verhältnisses denkbar. Geistiges Leben, so muß man sagen, ist selbst eine der Formen, in die sich der Energiegehalt kosmischer Vorgänge gelegentlich kleiden kann. Neben kinetischer, thermischer, elektrischer usw. Energie ist anzusetzen als eine weitere, ihnen allen nebengeordnete Art geistige Energie, etwa noch unterschieden nach besonderen Formen als Energie des Vorstellens, Wollens, usw. Und wie nun jene ersten Arten nur so miteinander in Wechselwirkung stehen, daß sie sich nach bestimmten festen Verhältnissen ineinander und auseinander umsetzen, so verhalten sie sich auch zu ihren geistigen Schwesterformen und verhalten sich diese zueinander. Wenn geistige Gebilde durch materielle Prozesse im Gehirn hervorgerufen werden, geschieht es allemal so, daß für ein bestimmtes Quantum von Empfindungen oder Gedanken, das auf der einen Seite ins Dasein tritt, auf der anderen ein bestimmtes Quantum kinetischer oder thermischer Energie verschwindet, oder eine bestimmte Sättigung chemischer Affinitäten erfolgt. Vorstellungen und Empfindungen transformieren sich weiter nach bestimmten Äquivalenten in Überlegungen und Pläne, und wenn endlich aus Wünschen und Ent-

schlüssen die ersten materiellen Anstöße zu Bewegungen und Handlungen hervorgehen, so muß für ein bestimmtes Maß des Effektes genau dasjenige Äquivalent der Ursache als Preis gezahlt werden, das ursprünglich einem materiellen Vorgang von dem Energiegehalt des jetzt hervorgerufenen seine eigene Entstehung verdankt. Wie die Messung der geistigen Quanta im einzelnen zu erfolgen hat, und welches die mechanischen, thermischen usw. Äquivalente des Empfindens oder Wollens, oder deren Äquivalente in Bezug zueinander tatsächlich sind, kann ganz dahingestellt bleiben. Es handelt sich zunächst nur um prinzipielle Erörterungen; gegen die allgemeine Möglichkeit aber, falls die Dinge sich so verhalten, auch einmal solche Bestimmungen zu verwirklichen, wird sich nichts einwenden lassen.

Mit der Erhaltung der Energie verträgt sich eine solche deterministische Wendung der Wechselwirkung offenbar ausgezeichnet. Das Seelische wird eine eigenartige Daseinsform, durch die die körperlichen Prozesse innerhalb des Organismus unter Umständen hindurchgehen können, ohne daß ihr Arbeitswert dabei irgendwelche Veränderungen erleidet. Diese Auffassung der Sache hat daher bei naturwissenschaftlich geschulten Leuten wohl Beifall gefunden (Lotze z. B. will auf sie hinaus, Stumpf hält sie für möglich), aber im ganzen doch wenig. Sie nimmt der Wechselwirkungstheorie bereits zuviel durch die Aufhebung der Freiheit und läßt damit das Interesse an dem Übrigbleibenden erlahmen. Denn was dieser Lehre so vielen Beifall verschafft und sie im Grunde aufrecht erhält, ist ja nicht etwa eine besondere Vorliebe für die Ansetzung eines Kausalitätsverhältnisses zwischen Leib und Seele, sondern die Meinung, daß es nur auf diese Weise möglich sei, die in unmittelbarer Erfahrung gegebene Aktivität und Selbständigkeit der Seele zu erklären. Ist der Inhalt des Seelenlebens eine zahlenmäßig bestimmbare Summe von Energien und deren Größe jederzeit eindeutig bestimmt durch den Wechselverkehr mit dem nervösen Getriebe, in das sie verflochten ist, so erscheint eine gelegentliche Erhöhung ihrer Leistungsfähigkeit über die hierdurch gesetzten Schranken hinaus, „wie wir sie als Folge begeisterten Strebens in Momenten, wo man dem Weltgeist näher ist als sonst, kennen, . . . völlig ausgeschlossen; ein Wachstum geistiger Energie, ein sich selbst Potenzieren der Seele würde völlig unmöglich sein“ (Busse.) Wer nun diese unzweifelhaft gegebenen Bewußtseinstatsachen anders verstehen zu können glaubt, sodaß sie sich mit einem Determinismus des Seelenlebens wohl vertragen, hat kein besonderes Interesse mehr an der Wechselwirkungsvorstellung, der immer noch eine weitere große Schwierigkeit entgegensteht, und wendet sich

von ihr ab. Wer dagegen diese Vorstellung um jener Selbstbestimmung der Seele willen festhalten zu müssen glaubt und keine andere Möglichkeit sieht, sie mit dem Energieprinzip in Einklang zu bringen, als die jetzt erörterte der Ansetzung seelischer Energien, ergreift lieber den anderen Ausweg, die Allgemeingültigkeit des Prinzips zu leugnen.

Direkt und mit der erforderlichen Genauigkeit nachgewiesen ist es ja freilich bisher allein für die Wechselwirkungen des anorganischen Geschehens. Wer also die Behauptung aufstellt, daß es auf die organischen Vorgänge nur etwa so weit übertragen werden dürfe, als bei diesen Materielles auf Materielles wirke, aber nicht mehr soweit Materielles mit Geistigem in direkten Verkehr trete, daß es hier vielmehr seine Gültigkeit verliere und daß in den höheren Organismen der Energievorrat der Materie je nach dem Verhalten der darin steckenden Seele vermehrt oder vermindert werden könne, kann zur Zeit durch den Hinweis auf entgegenstehende Beobachtungen nicht widerlegt werden.

Allein damit ist nun eben jener Zwiespalt gesetzt, von dem oben (S. 29) die Rede war, der Konflikt zwischen der psychologischen und naturwissenschaftlichen Betrachtung der Dinge. Positive und zwingende Tatsachen können doch für eine Veränderlichkeit der Energie in den höheren Organismen gleichfalls nicht geltend gemacht werden; jene Bewußtseinserscheinungen aber, durch die man zu ihrer Annahme gedrängt zu werden behauptet, lassen sich (wie die spätere Darstellung zeigen wird) aufs beste auch ohne das verstehen. Solange das aber der Fall ist, wird schwerlich jemand glauben, daß die Naturforschung das Konstantbleiben der Energie für die Pflanzen und etwa die niedersten Tiere behaupten, dagegen für die höheren Tiere und insbesondere den Menschen, die sich als materielle Gebilde gegen die niederen nirgendwo scharf abgrenzen lassen, preisgeben könne. Das *Perpetuum mobile* ist für sie abgetan und eine Utopie, aber doch nicht aus einer Kaprice oder irgendwelchen Vorurteilen heraus, sondern weil ungezählte Beobachtungen und vergebliche Versuche, auch im Bereich der menschlichen Welt, niemals so etwas als möglich haben erkennen lassen. Für die Theorie der Wechselwirkung ohne Erhaltung der Energie dagegen brauchte es nicht mehr gesucht zu werden und könnte nicht geleugnet werden. Jeder Mensch wäre, im Prinzip wenigstens, seine Verwirklichung. Bei geeigneter Anspannung seines Willens müßte jeder imstande sein, im ganzen der Welt mehr Äquivalente mechanischer Arbeit zu leisten, als die Welt im ganzen an ihn wenden muß, um ihn zu erhalten; es käme nur noch auf eine Anzahl chemischer Entdeckungen an, um davon Nutzen zu ziehen.

Indes wie die Vertreter der Wechselwirkung sich auch mit dem Energieprinzip abfinden mögen, es besteht für sie eine andere große Schwierigkeit in einer zweiten Grundanschauung unserer Naturwissenschaft. Eine unmittelbare Einwirkung geistiger Kräfte auf das materielle Geschehen und umgekehrt ist für das primitive Denken eine ungemein geläufige Vorstellung. Die ganze Welt bevölkert es mit Geistern, Dämonen, Nymphen, Feen und dergl., die von den Vorgängen der sie umgebenden materiellen Welt irgendwie Kenntnis bekommen und daraufhin jederzeit in ihr Getriebe wunderwirkend eingreifen und seine physische Gesetzmäßigkeit nach ihren besonderen Absichten lenken oder auch durchbrechen. Fortschreitende Einsicht in den Zusammenhang der Dinge hat alle diese Vorstellungen allmählich zurückgedrängt und als kindlich und unreif erkennen lassen. Sommer und Winter, Regen und Sonnenschein, Blühen und Verwelken, Bildung von Gestirnen und Umbildung chemischer Stoffe werden für uns nicht mehr verursacht oder auch nur beeinflußt durch das Eingreifen unsichtbarer geistiger Mächte, sondern geschehen zu ihrer Zeit und an ihrem Orte, weil das Vorhandensein bestimmter der Materie anhaftender Eigenschaften sie notwendig und gesetzmäßig gerade so hervorbringt. In der Wechselwirkungstheorie nun hat sich jene aus der Außenwelt verwiesene Vorstellung auf das Innere der unzugänglichen Schädelkapsel zurückgezogen. Dort drinnen irgendwo im Gehirn, sagt sie, da ist es so, wie man anderswo überall vermutet und nirgendwo bestätigt fand, dort vermögen Gedanken bewegte materielle Teilchen in ihrem Laufe aufzuhalten oder ruhende anzustoßen, vermögen sie zu erwärmen oder zu elektrisieren, mit anderen zu verbinden usw. Daß dergleichen direkt *unmöglich* sei, wird natürlich niemand zu behaupten wagen; wer vermißt sich einer zureichenden Kenntnis des in der Welt Möglichen und Unmöglichen? Aber um das bloß Mögliche kann es sich doch bei unseren Annahmen nirgendwo handeln, sondern allein um das *Wahrscheinliche*, um das mit unseren sonstigen Erfahrungen von dem Verhalten der Dinge am besten Verträgliche.

Sollte das diese Wechselwirkung sein? Auf Grund vielhundertjähriger Erfahrungen ist die Naturbetrachtung allmählich zu der Anschauung gelangt, daß alle materiellen Vorgänge ausschließlich durch materielle Ursachen hervorgebracht werden und ausschließlich in materielle Wirkungen sich weiter fortsetzen, zu der Annahme, daß alle *Naturkausalität*, wie man es ausdrückt, eine *geschlossene* sei. Nicht Vorurteile oder eine besondere Voreingenommenheit gerade für einen solchen Glauben haben sie dazu gebracht; es ist auch kein Modeglaube, dessen Änderung von heute auf morgen man erwarten

könnte. Ganz im Gegenteil: das Vorurteil war ihm durchaus entgegen, die Menschen vermuteten zunächst überall Geister und Wunder. Aber der harte Widerspruch der Tatsachen hat ihnen das Zugeständnis abgerungen, daß damit überall da, wo man die Dinge genau beobachten konnte, nichts sei, daß physische Vorgänge nach rückwärts und vorwärts sich immer nur mit anderen physischen Vorgängen verkettet zeigen. Und nun sollte es wahrscheinlich sein, daß das für die ganze übrige Welt ausnahmslose Gültigkeit hätte, aber allein im Gehirn aufhörte wahr zu sein? Daß es sich hier so verhielte, wie das naive Bewußtsein ursprünglich und fälschlich überall vermutete?

Man male sich den Sinn dieser Forderung etwas im einzelnen aus. In der ganzen übrigen Welt kommen bewegte Teilchen ausnahmslos nur zur Ruhe, wenn sie auf Hindernisse stoßen, die ihnen ihre Bewegung sozusagen abnehmen, oder indem sie Widerstände überwinden und durch die dabei hervorgebrachten Veränderungen andere Bewegungen vorbereiten. Auch bei dem lebendigen Körper zweifelt niemand, daß die Dinge so zugehen, soweit es sich um die Vorgänge im Muskel oder in der Lunge oder beim Kreislauf des Blutes handelt. Aber an einzelnen Stellen des Gehirns würde man nach der Wechselwirkungstheorie, bei einer real vielleicht nie zu verwirklichenden, aber doch in der Idee denkbaren Vervollkommnung unserer Beobachtungsmittel, ein merkwürdiges anderes Schauspiel erleben. Man würde hier unmittelbar sinnlich wahrnehmen können, daß vibrierende oder daherfliegende materielle Teilchen in ihrer Bewegung plötzlich erlahmten, gleich als ob sie gegen eine Wand gestoßen wären, ohne daß doch für die genaueste Beobachtung ein solches Hindernis oder eine der sonst wirksamen Ursachen der Bewegungshemmung nachzuweisen wäre, daß die Bewegung also geradezu in nichts verflöge. Oder man könnte erleben, daß ruhende Teilchen plötzlich zu vibrieren anfingen oder ihre Nachbarn anstießen, ohne daß doch die genaueste Beobachtung für sie selbst einen materiellen Anstoß oder die Wegräumung eines Hindernisses hätte erkennen lassen. Und der Physiologe müßte dann sagen: hier hat sich die sichtbare Bewegung in einen unsichtbaren Gedanken verwandelt, oder: hier hat das Vorhandensein eines lebhaften Wunsches die ruhenden Teilchen in Gang gebracht.

Selbstverständlich würde der Physiologe sich fügen, wenn der Zwang gut beobachteter Tatsachen es so forderte. Aber davon ist doch keine Rede; es handelt sich lediglich, wie eben gesagt, um die im Zusammenhang unserer sonstigen Erfahrungen wahrscheinlichste Vermutung. Und da wird man zugeben müssen, der Physiologe kann gar nicht so sagen. Es ist nicht eine beliebige Laune, die ihn daran

hindert, sondern die ungeheure Wucht der unzähligen unter analogen Verhältnissen gemachten und entgegenstehenden Erfahrungen. Was unterscheidet denn für ihn die nervöse Substanz von der Muskelsubstanz, oder die nervöse Substanz des Rückenmarks von der des Gehirns so außerordentlich, daß er so fundamentale Unterschiede des in ihnen verlaufenden Geschehens zu behaupten Veranlassung hätte? Ob es einmal möglich sein wird, wie die Naturforschung im großen und ganzen anstrebt, alle materiellen Vorgänge auf mechanische zurückzuführen, also wie Wärme, Licht, Elektrizität so auch die Lebensprozesse aus Bewegungen kleinster Teilchen abzuleiten, kann hier dahingestellt bleiben. Zu behaupten ist nur, wie ich mit Paulsen sage: „Der Physiologe kann nicht von dem Axiom ablassen, für physische Vorgänge die Ursachen in der physischen Welt zu suchen.“ Er mag sagen, das naturwissenschaftliche Verständnis der nervösen Prozesse und ihrer Umsetzungen in andere materielle Vorgänge sei zur Zeit und vielleicht noch für lange Zeit zu schwierig für ihn; damit hält er es doch in der Idee als möglich aufrecht. Aber wenn er zu einem in der materiellen Welt nicht nachweisbaren Wesen, der Seele, mit ihren unsichtbaren Gedanken und Absichten „seine Zuflucht nimmt, so fällt er aus der Rolle“. Die Theorie der Wechselwirkung ist für ihn auf keine Weise annehmbar; und wer es, wie ich wenigstens, mit ihm halten möchte, muß sich für die zu ihrer Stütze geltend gemachten wirklichen Tatsachen nach einer anderen Erklärung umsehen, die an unsere intellektuelle Opferwilligkeit geringere Ansprüche stellt.

Außer diesen beiden allgemeinen Gründen gegen die Theorie der Wechselwirkung stehen ihr übrigens auch noch mehr und mehr sich häufende besondere Erfahrungen entgegen, die zugleich eine direkte Bestätigung für die eben vertretene Geschlossenheit des materiellen Geschehens im Gehirn bilden. Wie oben (S. 27) erwähnt, behauptet die Theorie, daß die aus den materiellen Einwirkungen zunächst hervorgegangenen seelischen Gebilde (z. B. die sinnlichen Empfindungen mit den ihnen anhaftenden Gefühlen, vielleicht auch die Gedächtnisbilder) weiterhin von der Seele selbständig und nach ihr innewohnenden logischen u. a. Prinzipien zu höheren Bildungen verarbeitet werden. Zwischen den nervösen Prozessen, die der Seele die Empfindungsreize zuführen, und denen, die das Resultat ihrer Willensakte den Muskeln übermitteln, denkt sie sich also eine Lücke, ausgefüllt mit den selbständigen und materiell nicht bedingten Vorgängen in der Seele. Allein je weiter unsere Einsicht in den Zusammenhang dieser Dinge fortschreitet, desto weniger Platz bleibt für eine solche unabhängige Betätigung auf der einen und eine solche Lücke auf der anderen

Seite. Der Besitz von Allgemeinvorstellungen und Begriffen, die Fähigkeit logischer Beurteilung, das höhere Gefühlsleben, die sittliche Wertung der Dinge, alles kann unter Umständen geschädigt werden durch materielle Verletzungen oder Erkrankungen des Großhirns, alles muß also irgendwie an materielle Elemente und in ihnen sich abspielende Prozesse gebunden sein. Das führt die Wechselwirkungstheorie auf jede Weise in Schwierigkeiten. Sind solche materiellen Prozesse die Ursache auch der höheren seelischen Bildungen, wie man nach der allgemeinen Anschauung der Theorie doch annehmen muß, geht das Höhere also aus ihrer Einwirkung auf die Seele und ihrer Umwandlung in Seelisches hervor, wie kann es dann zugleich Resultat einer selbständigen seelischen Verarbeitung des Niederen sein? Wird aber dieser Gesichtspunkt festgehalten, wozu zweifellos die engen Beziehungen selbst der höchsten geistigen Gebilde zu den sinnlichen Empfindungen auffordern, wie kommt es dann, daß nervöse Prozesse, die mit dem höheren Geistesleben zu tun haben, überhaupt vorhanden sind? Man kann sich doch nur denken, daß sie — zugleich gewichtige Zeugen der Geschlossenheit des materiellen Geschehens — nach physischer Kausalität aus den Verwickelungen der niederen Nervenprozesse, d. h. der die Empfindungs- und Vorstellungserzeugung bewirkenden, hervorgehen. Diese aber müssen doch, eben indem sie das Niedere in der Seele verursachen, das ihr als Material zu dem Höheren dient, sich gewissermaßen darangeben und als materielle Prozesse verloren gehen; wie sollen sie nun gleichzeitig physisch zu wirken fortfahren und jene höheren Nervenprozesse hervorzubringen vermögen? Oder wenn man sich da etwa eine Teilung und spätere Wiedervereinigung der Wirkungen denken wollte, wie soll man sich weiter denken, daß das auf dem einen Wege, durch selbständige seelische Bearbeitung Gewonnene mit dem auf dem anderen Wege, durch streng physische Kausalität Entstandenen zusammenstimmen könne? Nein, allgemeine und besondere Gründe drängen aufs entschiedenste zu einer Umbildung dieser Theorie der Wechselwirkung.

Die Anhänger der Theorie pflegen mit besonderer Vorliebe hervorzuheben, daß die beiden gegen sie geltend gemachten Grundanschauungen unserer Naturwissenschaft, die Erhaltung der Energie und die Geschlossenheit des materiellen Geschehens, doch nicht zwingend bewiesene ewige Wahrheiten, sondern Hypothesen seien, induktive Verallgemeinerungen gewisser, immer nur auf einzelnen Gebieten direkt beobachteter Tatsachen. Gewiß sind sie das, es wurde oben nichts anderes von ihnen behauptet; keine naturwissenschaftliche Wahrheit hat einen anderen Charakter. Aber es gibt Hypothesen und Hypothesen. Und wenn Busse (S. 398 u. 474 seines Buches) sie nun ohne weiteres als Hypothesen sozusagen niederster Ordnung behandelt, sie als bloße Lieblingsvorstellungen einzelner

Naturforscher, als subjektive Annahmen, Glaubensartikel, Vorurteile bezeichnet, woraus sich natürlich ergibt, daß die Psychologie keine sonderliche Veranlassung habe, sich um sie zu bekümmern, und etwa ebensogut verlangen könne, daß die Naturforschung sich nach der von manchen Psychologen vertretenen Wechselwirkungshypothese richte, so vermag ich nicht zu folgen, und ich glaube, daß viele andere es auch nicht vermögen. Jene beiden Prinzipien sind doch nicht beliebige Hypothesen und Lieblingsvorstellungen, wie so viele andere auch, sondern eben die Annahmen über die Gestaltung der Außenwelt, die sich nach jahrhundertelanger eindringender Arbeit als die fundamentalsten und bei weitem glaubhaftesten aufgedrängt haben, und die zugleich ausnahmslos **überall**, wo eine genaue Prüfung möglich war, Bestätigung gefunden haben. Ob sie sich als ewige Wahrheiten bewähren werden oder ob die Zukunft einmal Veranlassung haben wird, sie abzuändern, können wir nicht sagen und deshalb kann es uns im Grunde auch nicht kümmern. Für die Gegenwart jedenfalls sind sie maßgebend und stehen an erster Stelle. Die Wechselwirkungshypothese dagegen ist der letzte Rest einer überall versuchten, aber ausnahmslos **nirgendwo**, wo eine genaue Prüfung möglich war, stichhaltig gefundenen Anschauung. Welche Hypothesen hier aus allgemeinen Gründen den Vorrang verdienen, scheint mir nicht zweifelhaft. Damit wäre freilich noch keine endgültige Entscheidung gewonnen, wenn es der Psychologie aus besonderen, ihrem Tatsachengebiet entspringenden Gründen durchaus unmöglich wäre, sich jenen naturwissenschaftlichen Anschauungen anzubequemen. Indes so verhält es sich, wie oben schon einmal berührt, keineswegs. Sie vermag, wie es auch diesem Buche hoffentlich zu zeigen gelingen wird, ohne die mindeste Trübung und Beugung der ihr eigentümlichen Tatsachen, die Beziehungen zwischen seelischen und nervösen Vorgängen so aufzufassen, daß die naturwissenschaftlichen Grundforderungen dadurch nicht beeinträchtigt werden. Wenn sie es aber vermag, ist es auch geboten, daß sie es tue. Soll das Werk einer einzelnen Wissenschaft von Dauer sein, so darf es nicht getrieben werden, als ob sie allein und isoliert vorhanden wäre, sondern immer nur im Anschluß an das übrige beste Wissen ihrer Zeit. Denn gerade aus dem Streben nach durchgängigem Zusammenhang des gesamten Wissens entspringt, wie die Erfahrung gezeigt hat, der Fortschritt und wenn es sein muß die Umbildung zu festen und beständigen Wahrheiten am ehesten und sichersten.

2. Identität. Geistige Vorgänge und Gehirnprozesse, das ist das Ergebnis der bisherigen Erörterungen, können in keiner Weise gedacht werden als getrennte Parteien, die wechselseitig aufeinander einwirken und sich dadurch zu Veränderungen bestimmen. Sind sie nun aber nicht zwei Parteien und stehen doch im engsten Zusammenhang miteinander, so bleibt wohl nichts anderes übrig als daß sie nur eine Partei bilden, daß sie im Grunde ein und dasselbe sind. In der Tat, ist Wechselwirkung die für uns nächstliegende und erste Formulierung des Verhältnisses von Gehirn und Seele, so ist die letzte und höchste, zu der die eingehendere Betrachtung des Problems geführt hat, bezeichnet durch Identität. Geistiges und Nervöses sind in Wahrheit eine einzige Art von Realität, die sich nur infolge besonderer Verwickelungen in diesen beiden Weisen manifestiert, das

ist die eigentliche und letzte Meinung der meisten Philosophen. Freilich haben sie diesem allgemeinen Gedanken wieder in sehr verschiedenen besonderen Fassungen Ausdruck gegeben, und zum Teil die richtige Grundanschauung in entschieden irriger Weise konkret ausgestaltet. Sie ringen vielfach noch mit der angemessenen Formulierung ihres Gedankens und nicht jedem glückt sie in gleich treffender Weise. Außerdem aber werden sie von ihrer Meinung zugleich noch nach zwei Seiten hin abgezogen. Infolge des Zwanges äußerer Umstände oder auch aus innerer Überzeugung huldigen die einen vielfach dem Streben, den Anschluß an die gewöhnliche Ansicht über diese Dinge nicht allzusehr zu verlieren, und eben dieses Streben ruft dann bei anderen gerade eine besonders heftige Opposition gegen die gewöhnlichen Vorstellungen hervor. Die Einkleidung der Gedanken wird dadurch noch verschiedener und unangemessener, als es bei größerer Freiheit und größerer Kühle der Betrachtung voraussichtlich sein würde. Spiritualismus und Materialismus sind die beiden möglichen Extreme einer solchen unklaren und einseitigen Formulierung der Identitätstheorie. Über ihre Unzulänglichkeit sind im großen und ganzen die Meinungen nicht mehr geteilt; beide brauchen daher nur kurz berührt zu werden.

Wenn die gewöhnliche Vorstellung materielle Körper einerseits und immaterielle Seelen andererseits als selbständig existierende Wesen nebeneinander setzt, so behaupten Materialismus und Spiritualismus, daß von diesen nur je eine Art wahrhafte und eigentliche Realität besitze, der anderen dagegen nur eine sekundäre und unselbständige Existenz zukomme. Tatsächlich und in Wahrheit, sagt der Materialist, gibt es nichts als ausgedehnte, harte und bewegliche kleinste Teilchen, und vielleicht noch dazu ein sie alle umspülendes feinstes Fluidum. Alle andere Wirklichkeit, wenn sie auch zunächst nicht so aussieht, besteht im Grunde allein in einem irgendwie verwickelten Aufbau jener Elemente und den mannigfachen Vorgängen, die sich an ihnen abspielen. Auch das sogenannte Geistige ist nichts als ein Produkt der Materie. Es findet sich allerdings nicht überall an ihr, sondern erst unter bestimmten Bedingungen, nämlich mit der Ausbildung eines besonders hoch entwickelten Organs in der Tierwelt, des Nervensystems und namentlich des Gehirns. Aber mit diesem ist es in gewisser Weise identisch; es ist eigentlich nichts als das Gehirn selbst, soweit in abstrahierender Betrachtung einige seiner Funktionen oder seiner Eigentümlichkeiten gesondert ins Auge gefaßt werden. Wie Schwere, Magnetismus, Elastizität usw. eine Folge des Wesens und der Eigenschaften gewisser Körper sind, ohne daß man näher angeben kann, wie sie sich denn nun daraus ergeben, so sind Empfindungen und

Gedanken Folgeerscheinungen des Wesens des Gehirns, Resultate der feinen und verwickelten Bewegungen, die in ihm durch die äußeren Reize erregt werden. Oder auch, wie es die Funktion des Magens ist, zu verdauen, der Muskeln, sich zu kontrahieren, so die des Gehirns, Empfindungen und Gedanken zu bilden. Daher auch der enge Zusammenhang zwischen den geistigen Erscheinungen und der Größe, dem Alter, der Gesundheit und Krankheit des Gehirns, seiner Beeinflussung durch toxische Substanzen usw. Daß alles dies in der Regel verkannt wird und natürliche Produkte des materiellen Geschehens für Äußerungen eines ganz andersartigen, aber nirgendwo nachweisbaren und also rein fingierten immateriellen Wesens, der Seele, gehalten werden, liegt daran, daß die über solche Dinge aufklärenden naturwissenschaftlichen Einsichten nicht genügend verbreitet und die Leute in theologischen Vorurteilen befangen sind.

Gerade umgekehrt, pflegt der Spiritualist zu entgegnen, verhält sich die Sache. Wie könnte die Materie etwas Fundamentales und Letztes und das Geistige Bedingendes sein, da sie doch offenbar etwas durchaus Unselbständiges und vielmehr selbst von dem Geistigen Abhängiges ist? Die ihr als wesentlich zugeschriebenen Eigenschaften der Ausdehnung, Härte, Beweglichkeit, sind nichts als Empfindungen, wie Farben und Töne auch; ein besonderer Träger dieser Eigenschaften aber, ein substanzieller Kern, existiert nur als Vorstellung, als Kategorie unseres Denkens. Materie ist also nur vorhanden als ein eigentümlicher Komplex von Bewußtseinsinhalten, und die wahrhaft letzten und eigentlichen Realitäten sind die Träger solcher Bewußtseinsinhalte, nämlich Seelen oder Geister. Von Ausdehnung, Teilbarkeit usw., die erst durch sie und als ihr Vorstellungsinhalt zustande kommen, können sie natürlich nicht selbst schon tangiert sein. Die Welt bildet also ein Reich unteilbar einfacher geistiger Wesen, die lediglich in geistigen Beziehungen zueinander stehen und eben diese Beziehungen in ihren Vorstellungen widerspiegeln. Auch räumliche Ausdehnung und Körperlichkeit sind in Wahrheit geistige Verhältnisse, geistiges Nahesein und Fernsein; sie werden nur unvollkommener und verworrener Weise unter besonderen Bedingungen nicht als das vorgestellt, was sie eigentlich sind. Wenn der gewöhnliche Mensch diesen Sachverhalt verkennt und eine Scheinrealität wie die Materie für das wahrhaft Wirkliche hält, so rührt das daher, daß ihm die Elemente erkenntnistheoretischer Einsicht abgehen und er außerdem von Hause aus eine größere Zugänglichkeit besitzt für jenes Niedere, Derbe und mit Händen Greifbare als für das Geistige in seiner reinen und wahren Gestalt.

Daß auf der einen Seite dieser widerstreitenden Anschauungen

alles Recht, auf der anderen alles Unrecht zu finden sein sollte, wird man von vornherein nicht für wahrscheinlich halten, angesichts der zahlreichen Anhänger, die jede von ihnen von jeher zu gewinnen vermochte. In der Tat haben beide eine gewisse Tendenz auf das Richtige, die eben darin besteht, daß sie Geistiges und Nervöses nicht als disparate und gegeneinander gerichtete Realitäten, sondern als ein im Grunde Einiges zu fassen suchen. Allein sie haben auch beide eine gewisse Tendenz auf Unrichtiges. Sie ermangeln der nötigen Unbefangenheit gegenüber dem sachlich Gegebenen, und indem sie zum Teil von Nebengedanken geleitet werden, versteifen sie sich auf einseitige und unhaltbare Zuspitzungen.

Der Spiritualismus, kann man sagen, ist eine Wunschtheorie. Er strebt danach, die Wirklichkeit so zu deuten, daß der Mensch sie billigt, daß sie ihm wertvoll und bedeutend erscheint und so, wie er sie wohl selbst, wenn er die Macht dazu hätte, gestaltet haben würde. Das spezifisch menschliche Interesse steht ihm im Mittelpunkt, und zweifellos wird dessen Bedeutung für die Konstitution der Welt durch ihn stärker exaltiert, als unsere Erfahrungen von den Dingen gewährleisten wollen. Der Materialismus dagegen ist eine Kampftheorie. Er protestiert gegen jene Einmischung des menschlich Wünschenswerten und gegen die ganze anthropozentrische Gestaltung des Weltbildes überhaupt. Aber im ganzen ist er der gedrücktere Teil; seine Anhänger sind stets die Verketzerten gewesen und pflegen weniger widerlegt als geschmäht zu werden. Dadurch wird er sozusagen gallig gegen den Gegner, er gefällt sich nun darin und kann sich nicht genug darin tun. das spezifisch Menschliche und dem Menschen Wertvolle herabzusetzen, zu verkleinern und als rein gar nichts erscheinen zu lassen.

Die wesentliche Schwierigkeit, die dem Spiritualismus entgegensteht, wurde schon oben erwähnt; die unteilbar einfachen Seelenwesen sind das Unhaltbare an ihm. Die an sich richtige Bemerkung, daß Ausdehnung, körperliche Substanzialität usw. nicht als selbständige Realitäten, sondern nur als Bewußtseinsinhalte gegeben seien, mag gegen die materialistische Behauptung ihrer absoluten Wirklichkeit eine gewisse Bedeutung besitzen (durchschlagend ist sie auch hier nicht), aber zu Gunsten von Seelen im spiritualistischen Sinne wird mit ihr nicht das mindeste gewonnen. Denn von Immaterialität, Einfachheit, geistiger Substanzialität gelten ganz dieselben Erwägungen. Auch sie sind nicht als etwas Letztes und Absolutes unmittelbar gegeben, sondern sie sind unter bestimmten Bedingungen zustande kommende Vorstellungs- und Denkweisen. Die Frage ist eben, ob diese Kategorien für die Auffassung und Deutung unserer Erfahrungen sachlich be-

rechtigt und notwendig sind, oder ob sie durch andere ersetzt werden müssen. Und dazu verhelfen nicht erkenntnistheoretische Einsichten, d. h. Aufklärungen über die menschliche Bedingtheit und Beschränktheit alles dessen, was Menschen denken und sagen; — diese sind neutral gegenüber allen möglichen Auffassungen und Theorien, denn um etwas anderes als menschlich Bedingtes kann es sich doch nirgendwo handeln; — zu einer Entscheidung über jene sachliche Frage verhilft allein die Beobachtung der Sachen, für die wir nach einer Zurechtlegung suchen.

In dieser Beziehung aber sind für die Seele maßgebend die allgemeinen Erfahrungen über ihre Lokalisation (S. 23). Wenn in dem Raumbilde, d. h., spiritualistisch ausgedrückt, in der unwahren und verworrenen Vorstellung, in der die Beziehungen mehrerer Seelen sich einer von ihnen darstellen, wenn in diesem Raumbilde die Wirkungen der einzelnen Seelen unzweideutig auf ausdehnungslose Mittel- und Ausstrahlungspunkte zurückwiesen, so müßte man der spiritualistischen Theorie vielleicht Beifall zollen. Man könnte nichts dagegen haben, Räumlichkeit und Teilbarkeit für etwas zu erklären, was die Seelen selbst eigentlich nichts anginge, sondern als ein Nichtiges gleichsam zwischen sie fiele. Aber nun ist es ja eben nicht so. Das Sein und Wirken einer einzelnen Seele erfüllt durchaus ein räumliches Gebiet von einer gewissen Größe. Und damit wird der Spiritualismus gezwungen, anzuerkennen, daß den Seelen, soweit sie wechselseitig voneinander etwas wissen (d. h. also auch, soweit wir etwas von ihnen sagen können), Räumlichkeit und Materialität ganz wesentlich und eigentlich zugeschrieben werden müssen.

Den Materialismus dagegen braucht man nur zu veranlassen, sich weniger oppositionell-drastisch als sinnvoll und sachgemäß auszudrücken, oder man braucht die eigentliche Meinung seiner Vertreter nur weniger übelwollend und mißverstehend aufzufassen, als es in der Regel geschieht, so verschwindet er. Er ist, wie vorhin schon gesagt, eine Kampftheorie, d. h. er will vor allen Dingen etwas bestreiten und leugnen, was andere behaupten; das Positive, das er an die Stelle setzt, ist nicht seine Stärke. Dieses Nichtgewollte ist die Loslösung des Geistigen von dem Materiellen, die Ansetzung von selbständigen immateriellen Seelen als Trägern des geistigen Lebens, die an Gehirn und Nervensystem nicht durchweg gebunden sind, sondern mit ihnen nur äußerlich, wie mit einem Werkzeug, in vorübergehende Beziehungen treten. Daß diese Bestreitung ihre große Berechtigung hat, haben wir gesehen; insofern also ist an dem Materialismus nichts auszusetzen. Wenn seine Vertreter dann aber gelegentlich fortfahren: das Geistige sei so wenig etwas Selbständiges neben dem Materiellen,

daß es im Grunde gar nichts anderes sei als selbst materiell, Gedanken seien eigentlich feine Bewegungen in den Nerven, ähnlich etwa wie Farben eigentlich Ätherschwingungen seien, so sind das offenbar Überspannungen einer sinnvollen Behauptung, die in Sinnlosigkeit umgeschlagen sind. Die seelischen Gebilde, Gedanken, Gefühle u. a. mögen so innig an materielle Vorgänge gebunden sein, wie man nur will, es bedarf keines Wortes, daß sie zunächst eigenartige Realitäten sind, die als unmittelbare Erlebnisse von Bewegungen oder materiellen Eigenschaften nichts an sich haben. Farben stehen zu Ätherschwingungen in der engsten Beziehung, aber sie sind nicht eigentlicher und wahrer Ätherschwingungen, als sie eben Farben sind. Schwerlich ist auch ein nicht bloß Formeln nachsprechender Materialist hierüber je anderer Meinung gewesen. Aber seine Aufmerksamkeit ist nicht diesem Selbstverständlichen zugewandt, sondern der Opposition gegen eine weit verbreitete und vieler Gunst sich erfreuende Lehre: und solange er nun über das an ihre Stelle zu setzende Positive nicht zu völliger Klarheit gelangt ist, steigert sich ihm leicht die gemeinte Unselbständigkeit des Geistigen zu der Behauptung seiner völligen Nichtigkeit.

Wie mithin der Spiritualismus anerkennen muß, daß in der Welt außer Seelen auch Räumlichkeit und Materie eine hinter jenen nicht zurückstehende Bedeutung besitzen, so der Materialismus, daß neben oder an der Materie auch dem Geistigen wahrhafte Realität zukommt. Beide werden über ihre Einseitigkeiten hinaus und zu wechselseitiger Ergänzung geführt. Da man nun aber diese Ergänzung nach den früheren Erörterungen nicht so vornehmen kann, daß man Seelen und Materie als selbständige Parteien einfach nebeneinander setzt, so fragt sich, wie ist sie zu denken? Ein Bild möge zunächst darüber orientieren.

3. Psychophysischer Parallelismus. Man denke sich eine Anzahl von Kugelschalen oder ellipsoidischen Schalen im mathematischen Sinne. Als ausgedehnte Gebilde haben diese unterscheidbare Teile; man denke sich aber weiter, daß sie die Teile nicht nur objektiv und indifferent nebeneinander haben, sondern daß sie sie zugleich füreinander haben, daß sie die Fähigkeit besitzen, sich in ihren Teilen irgendwie einander zu manifestieren und vorzukommen. Dann wird offenbar folgendes der Fall sein. Die verschiedenen Partien irgend einer jener Schalen werden sich, sofern sie für einander da sind, ein wechselseitiges Wissen voneinander haben, als etwas Konkaves vorkommen, als verschiedene Formen von Konkavität. Diese selben Partien aber, sofern sie daneben auch seitens der umgebenden Gebilde aufgefaßt werden, werden zugleich als etwas ganz anderes,

nämlich als konvexe Formen erscheinen. Die vorhandene Realität ist für den ganz außerhalb Stehenden, wie den Menschen, ein und dieselbe. Aber innerhalb der Welt jener Gebilde gibt sie sich durchaus nur als ein zwiefach Verschiedenes, und höchstens indirekt könnten solche Wesen dahinter kommen, daß die differenten Eindrücke, die jedes von sich selbst und die die anderen von ihm empfangen, eben in der beschriebenen Weise, als Innenansicht und Außenansicht, zusammengehören. Geschieht an den Schalen etwas, verziehen sie sich oder verändern sie ihre Größe, so fällt das in ihr Wissen wieder als eine doppelte Reihe von Vorgängen. Beide hängen aufs engste zusammen: jede Änderung der konkaven Formen bedingt unausweichlich auch eine Änderung der konvexen. Aber das beruht nun nicht darauf, daß die eine Reihe die andere bewirkt, hervorbringt, sich in sie umsetzt oder rückwärts aus ihr durch Umsetzung entsteht. Sondern als realer Vorgang ist das konkave Geschehen vollkommen identisch mit dem konvexen; nur kann sich dieses einzige Geschehen innerhalb der fingierten Vielheit jener Wesen nicht anders als auf zwei Weisen, die stets voneinander getrennt bleiben, manifestieren.

Auf ähnliche Art nun verhält es sich, um zunächst noch abzusehen von der übrigen Welt, so doch jedenfalls mit der menschlichen Welt. Die Menschen sind einheitlich verbundene, aber aus mannigfachen Gliedern bestehende Realitäten. Wie sie sich einem gänzlich außer und über ihnen stehenden Wesen darstellen mögen, können wir nicht sagen. Aber sie stellen sich in zwiefacher Weise für einander dar. Erstens erscheinen sich, manifestieren sich die Glieder und Teilrealitäten jedes Einzelverbandes irgendwie wechselseitig für einander. Was in dieser Weise erlebt wird, sind Gedanken, Gefühle, Wünsche usw., wir nennen es die Seele des Menschen. Außerdem aber hat jede Einzelrealität Beziehungen zu den anderen, außer ihr noch vorhandenen, sie gibt sich ihnen kund, wird von ihnen beeinflußt u. dergl. Wie das an sich eigentlich zugeht, d. h. wie ein außerhalb stehender Beobachter diese Beziehungen sieht, wissen wir wiederum nicht. In unserer menschlichen Auffassung nennen wir sie: gesehen werden, getastet werden, mikroskopisch oder chemisch untersucht werden u. a. Widerfährt nun aber einem Menschen so etwas seitens der übrigen, so zeigt sich das, was einerseits, in seinem Füreinandersein, ein Komplex von Gedanken, Empfindungen, Gefühlen war, in einer völlig anderen Weise, nämlich als Ganglienzellen und Nervenfasern, angeordnet zu dem kunstvollen Bau des Gehirns oder des Nervensystems überhaupt. Seele und Nervensystem sind nichts real Getrenntes und einander Gegenüberstehendes, sondern sie sind ein und derselbe reale Verband, nur dieser in verschiedenen und aus-

einanderfallenden Manifestationsweisen. Seele ist dieser reichhaltige Verband, so wie er sich gibt und sich darstellt für seine eigenen Glieder, für die ihm angehörigen Teilrealitäten; Gehirn ist derselbe Verband, so wie er sich anderen analog gebauten Verbänden darstellt, wenn er von diesen — menschlich ausgedrückt — gesehen und getastet wird.

Gesetzt, ich tue etwas auf äußere Eindrücke hin: draußen fällt ein Schuß und ich trete ans Fenster, um zu sehen, was vorgeht; ich erhalte einen Brief und erteile Anordnungen, um in einigen Stunden abzureisen. Nach gewöhnlicher Vorstellungsweise vollzieht sich dies durch zwei vollständige Umwandlungen zwischen Geistigem und Materiellem: die durch die äußeren Reize in den Gesichts- und Gehörsorganen hervorgerufenen und dann zum Gehirn fortgeleiteten nervösen Prozesse verursachen durch ihre Einwirkung auf die Seele Gesichts- und Gehörswahrnehmungen, Gedanken, Überlegungen usw., und dann werden diese bei den Eingriffen der Seele in das materielle Getriebe wieder rückverwandelt in nervöse Vorgänge, in die Innervationen der von mir ausgeführten Bewegungen. Das wahre Verhältnis ist ganz anders aufzufassen. Soweit die Dinge gesehen und getastet werden (oder als gesehene und getastete gedacht werden), soweit bilden sie eine lückenlose Reihe materieller Umsetzungen durch das Nervensystem hindurch, von den ersten Erschütterungen infolge der äußeren Reize an bis zu den Innervationen, die der Muskeltätigkeit vorhergehen. Die zum Gehirn gelangenden nervösen Erregungen verbreiten und verzweigen sich in ihm in der verwickeltesten und mannigfachsten Weise, fördern einander hier, hemmen einander dort, wirken auslösend auf die in ihren Bahnen angetroffenen Energievorräte, natürlich in verschiedenem Maße je nach ihrer eigenen Stärke, setzen sich teilweise um in thermische und elektrische Prozesse und treten schließlich nach einer längeren Kette von Umsetzungen innerhalb des Körpers an seiner Peripherie als Bewegungen der Beine, der Arme, Sprachorgane usw. wieder zutage. Nirgendwo hören sie auf oder reißen sie ab, um in Unsichtbares zu verfliegen; sie bleiben durchweg eine völlig geschlossene Abfolge rein materieller Prozesse, bei denen das Endglied von dem Anfangsglied zwar unter unendlich größeren und schwerlich je zu entwirrenden Verwickelungen, aber doch prinzipiell ganz nach denselben physikalisch-chemischen Gesetzen hervorgebracht wird wie bei einer kunstvollen Maschine oder einem Automaten. Diese selben Vorgänge aber haben zugleich, unabhängig von dem Gesehen- und Getastetwerden und sozusagen neben ihm noch ein anderes Leben. Unbeschadet ihres materiellen und nervösen Charakters sind sie gleichzeitig eine Reihe ganz andersartiger

Umsetzungen: von Gehörs- und Gesichtswahrnehmungen in Gedanken, Gefühle, Vermutungen, von diesen in Entschlüsse und Willensäußerungen und endlich in erneute Wahrnehmungen. Die Glieder der einen Reihe rufen die der anderen nicht hervor noch greifen sie irgendwie in sie ein; beide Reihen bleiben vielmehr ihrem inneren Zusammenhange nach, in der Kausalverkettung ihrer Glieder, einander völlig fremd. Gleichwohl gehören sie zugleich Glied für Glied aufs engste zusammen, denn dem realen Geschehen nach sind beide durchaus identisch miteinander, und ihre freilich auch vorhandene Zweiheit beruht lediglich auf dem Reichtum des sonstigen Daseins in der Welt. Hierdurch stellt sich eben das, was in einem gewissen Zusammenhange und für die Glieder eines gewissen Seelenverbandes Schall- oder Gesichtsempfindung, Vorstellung und Überlegung ist, gleichzeitig in ganz anderen Zusammenhängen und seelischen Verbänden dar als eine Verkettung und Ausbreitung nervöser Prozesse. Und der Schein, als ob die Vorgänge der beiden Reihen ineinander geschoben wären und wechselseitig einander hervorbrächten, beruht lediglich auf dem früher (S. 6) schon erwähnten und für das ganze Verhältnis zufälligen Umstande, daß sie beide immer nur bruchstückweise und zwar gerade in den nicht zusammengehörigen Gliedern von ein und demselben Bewußtsein erlebt werden.

Die eine jener beiden Manifestationsweisen des Realen für unwahrer und minderwertiger zu erklären als die andere, wie Materialismus und Spiritualismus wollen, dazu haben wir nicht das mindeste Recht. Sie sind beide gleich echt und wahrhaft und beide gleich wichtig und charakteristisch für die Konstitution der Welt. Daß das, was dem Sehenden und Tastenden sich darstellt als Nervensystem und Nervenprozeß, zugleich noch lebt als ein jener Anschauung unzugängliches System von Gedanken, Idealen, Strebungen, das ist nicht eine unbedeutende Nebensache, sondern in gewisser Beziehung gerade die Hauptsache, nicht ein überflüssiges und irriges Vorurteil mangelhafter Aufklärung, sondern eine Anerkennung des tatsächlichen Bestandes der gegebenen Welt. Aber wiederum, daß jene Gedanken- und Gefühlssysteme für ihr wechselseitiges Anschauen und Wissen voneinander sich durchaus darstellen als räumliche Gebilde, daß Gehirn und nervöse Vorgänge den Seelen nicht fremd und äußerlich gegenüberstehen, als Dinge, die ihr Wesen im Grunde gar nichts angehen, sondern ihnen aufs engste anhaften und durchweg ganz untrennbar zu ihnen gehören, auch das ist keine Täuschung oder unvollkommene Vorstellung von der Sache, sondern für menschliches Wissen der Ausdruck des wahrhaften und eigentlichen Verhaltens der Dinge. Die beiden Weisen des Daseins gehören ganz und gar

zusammen, und derselbe Grad von Bedeutung und Realität, der der einen von ihnen zukommt, muß auch der anderen zuerkannt werden.

Daher muß auch jede Betrachtung dieser Dinge, um sachgemäß und vollständig zu sein, beide Seiten gleichmäßig umfassen oder doch zu umfassen suchen. Von welcher Seite man dabei ausgeht, ist für die letzten Ergebnisse gleichgültig. Zunächst freilich besteht hier ein Unterschied. Man kann seinen Ausgang nehmen von Kategorien des geistigen Lebens, wie Vorstellung, Wahrheit, Religion, Sittlichkeit usw. und zu ermitteln suchen, wie sich diese wohl den Draußenstehenden in materiellen Bildungen und Verwickelungen darstellen, in welcher Weise also das geistig Sinnvolle und Bedeutende in materieller Gestalt zur Erscheinung kommt. Oder man kann einsetzen mit den Strukturen und Prozessen des Nervensystems und zusehen, wie diese in ganz andersartigen, aber doch irgendwie entsprechenden Gestaltungen des geistigen Daseins sich widerspiegeln. Dort sucht man materielle Dinge und Prozesse geistig zu interpretieren, ihren Gedanken- oder Gefühlsgehalt nachbildend zu erfassen, hier ist man bestrebt, den Geist gleichsam mechanisch zu konstruieren. Die so gezeichneten Bilder werden sehr verschieden ausfallen; so verschieden etwa wie die Philosophien Platos und Hegels einerseits und die des Demokrit, oder des Système de la nature andererseits. Aber diese Verschiedenheit hat ihren Grund nicht in dem Wesen der Sache, sondern in unserer zeitweiligen nnd unvollkommenen Kenntnis von der Sache, darin, daß wir mit jeder Betrachtung zwar ansetzen, aber sie dann nur eine kleine Strecke weit und nicht zu Ende verfolgen können. Für ein vollendetes Wissen, oder auch schon für ein vollendeteres als das unsere ist, muß der Unterschied verschwinden. Nervensystem ist durchweg gleichsam die Expansion des Geistes, seine Art, sich äußerlich und für anderes darzustellen; Geist durchweg gleichsam die Innerlichkeit, das Füreinandersein des Nervösen. Die höchsten und bedeutendsten Bildungen der einen Manifestationsweise haben ihre bestimmten Äquivalente innerhalb der anderen, und die einfachsten Formen, die mechanischsten Prozesse dieser anderen Seite sind von bestimmter Bedeutung für jene erste. An dieser sachlichen Bestimmtheit wird natürlich dadurch nichts geändert, daß man ihre Betrachtung von der einen oder der anderen Seite aus in Angriff nimmt, oder daß man sie auf eine abgesonderte Gruppe bevorzugter Gestaltungen beschränkt, statt die Notwendigkeit ihrer allseitigen Durchführung, wenigstens der Idee nach, vor Augen zu haben. Zur Vollendung gebracht könnten Plotin und die moderne sogenannte materialistische Physiologie in psychologischer Hinsicht nicht anders als dasselbe sagen, nur in anderer Reihenfolge.

Mit dieser Auffassung der Dinge verschwinden alle Schwierigkeiten, die sich sonst der Einfügung des Geistigen in einen umfassenderen Zusammenhang der Betrachtung entgegenstellen. Die Naturwissenschaft fordert auf Grund aller ihrer bisherigen Erfahrungen Geschlossenheit des materiellen Geschehens in der Welt als eins ihrer obersten Prinzipien, Vermeidung einer Berufung auf Geister zur Erklärung der sichtbaren und greifbaren Vorgänge. Nun, eben diese Forderung ist maßgebend gewesen für die Ausbildung der parallelistischen Ansicht; diese ist nichts anderes als die Konsequenz jenes Prinzips für die geistige Welt. Die Naturforschung glaubt ferner behaupten zu müssen, daß das Erhaltenbleiben der Energie, das sie bei physikalisch-chemischen Prozessen mit großer Genauigkeit nachweisen kann, auch innerhalb des menschlichen Organismus, einschließlich seines Nervensystems, Geltung habe. Wir können sagen: gut, es sei so. Natürlich muß dann diese wichtige Eigentümlichkeit der Dinge, soweit sie sich als nervöse Gebilde und Vorgänge darstellen, in dem geistigen Leben, das diese selben Dinge führen, ebenfalls eine Rolle spielen und irgendwie zum Ausdruck gelangen. In welcher Art dies der Fall sein mag, soll hier nicht weiter verfolgt werden; aber wir haben doch keinerlei Anhalt dafür, daß die auf dem Gebiete des Seelenlebens gemachten Erfahrungen mit einer solchen geistigen Repräsentation der Energieerhaltung im Widerspruch stünden. Vielleicht endlich hat die Naturforschung ein Interesse daran, sich vorzustellen, daß alles materielle Sein und Geschehen im Grunde nichts sei als Lagerung und Bewegung kleinster Teilchen, daß also, wenn wir nur genau genug hinsehen oder hintasten könnten, alle sogenannten thermischen, elektrischen, chemischen Prozesse sich zeigen würden als rein mechanische Vorgänge. Wir können wiederum nur sagen: gut, warum nicht? Denken wir uns also, das Gehirn, das sich der sogenannten äußeren Betrachtung zunächst darstellt als ein warmes und weiches Organ und als Sitz elektrischer, chemischer und anderer Prozesse, würde sich der vervollkommneten und verfeinerten Betrachtung enthüllen lediglich als ein höchst kompliziertes System verschieden gelagerter und verschieden bewegter kleinster Teilchen. Kann das Geistige eine andersartige Betätigungsweise des Nervensystems sein, so wie es sich der ersten Betrachtung darbietet, so kann es das auch ohne irgend größere Schwierigkeiten für die zweite und vollkommenere Betrachtung. Ob die Gründe für eine solche mechanische Konstruktion der Außendinge zwingend sind oder nicht, das ist eine innere Angelegenheit der Naturforschung; unsere Auffassung von der Stellung des Geistigen zu ihnen verträgt sich mit jeder Entscheidung dieser Frage in gleicher Weise.

Vermutlich wird man nun einwenden, daß auf diese Art freilich gewisse Schwierigkeiten vermieden werden, daß es aber nur auf Kosten anderer neu entstehender Schwierigkeiten geschehe, und daß tatsächlich das Problem nur an eine andere Stelle geschoben werde. Denn wie solle man sich eigentlich denken, daß so disparate Arten des Daseins wie Geistiges und Nervöses, das Ausdehnungslose und Immaterielle einerseits und das außereinander befindliche Materielle andererseits, im Grunde dasselbe Reale und dieses nur in verschiedenen Erscheinungsweisen seien?

Daß hier eine Schwierigkeit vorliegt, soll keinen Augenblick geleugnet werden. Allein zu ihrer richtigen Würdigung ist zweierlei zu bedenken. Zunächst besteht eine ganz gleichartige Schwierigkeit auch für die Theorie der Wechselwirkung. Materielle Vorgänge, die an zahlreiche räumlich getrennte und bisweilen recht weit voneinander getrennte nervöse Elemente gebunden sind, sollen durchaus unräumliche und einheitliche geistige Gebilde, wie Gedanken, Erinnerungen u. a., erzeugen und hervorbringen. Das ist schwerlich begreiflicher, als daß jene materiellen Prozesse eine andere Ansicht, eine andere Weise sich darzustellen des unräumlichen Geistigen seien. Gleichwohl wurde die allgemeine Möglichkeit jenes Hervorgehens des Disparaten auseinander oben (S. 35) nicht bestritten, und so wird auch die allgemeine Möglichkeit des von der parallelistischen Theorie geforderten Verhältnisses zuzulassen sein. Wir haben eben die Welt nicht gemacht, sodaß wir von daher ein Urteil darüber hätten, welche Beziehungen der Dinge zueinander überhaupt wirklich sein könnten, welche nicht. Sondern wir haben das in der Welt als wirklich Gegebene lediglich anzuerkennen, und da, wo etwas nicht direkt gegeben ist, zu untersuchen, welche Vorstellung darüber mit unseren sonstigen Erfahrungen über das Gegebene am besten zusammenstimmt. Und nun liegt die Sache doch so, daß von den beiden allgemeinen Möglichkeiten, die von der Theorie der Wechselwirkung und der des Parallelismus vorausgesetzt werden und die für unser Verständnis beide als gleich schwierig oder gleich leicht gelten können, die dem Parallelismus zugehörige durch schwerwiegende andere Erfahrungen als der Wirklichkeit entsprechend gefordert wird, während der anderen eben diese Erfahrungen entgegenstehen.

Zweitens aber ist nun die Verschiedenheit zwischen Geistigem und Materiellem, wenn auch sicherlich groß genug, doch keineswegs eine so fundamentale und absolute, wie von der gewöhnlichen Meinung vorausgesetzt wird. Die Dinge der sogenannten Außenwelt bestehen, wie wir gleich zu Eingang sahen (S. 2), lediglich in gewissen Verknüpfungen und Beziehungen derselben Elemente (Empfindungen, An-

schauungen), die in anderen Beziehungen den Inhalt der Seele ausmachen helfen. Materielle Dinge und Seelen sind also zum Teil sozusagen aus denselben Grundstoffen gewebt. Unsere Ansicht von den Beziehungen des Geistigen zu dem Materiellen behauptet nun, daß allemal, wenn in einer Seele sich Gedanken, Wünsche u. dgl. ereignen, und wenn gleichzeitig stattfindet, was wir in den inadäquaten Anschauungen und Ausdrücken unserer Seelen Gesehen- oder Getastetwerden nennen, daß dann jene Gedanken und Wünsche nicht einfach nur existieren, sondern zu gleicher Zeit als bestimmte materielle und zwar nervöse Vorgänge angeschaut werden oder angeschaut werden könnten. Diese Anschauungen existieren aber nicht für sich, als etwas absolut Objektives, sondern sie sind Erscheinung, d. h. sie bestehen wieder innerhalb solcher Realitäten, die sich selbst als Seelen vorkommen, innerhalb der die erste Seele betrachtenden nämlich. Sie sind also zwar völlig getrennt von den Gedanken und Wünschen, die da so angeschaut werden, sie existieren innerhalb ganz anderer Bewußtseinseinheiten, aber sie sind als seelische Inhalte doch etwas ihnen durchaus Wesensverwandtes. Man denke sich, daß es durch einen geeigneten Apparat und nach entsprechender Vervollkommnung unserer Kenntnisse möglich wäre, während einer geistigen Betätigung sein eigenes Gehirn anzuschauen und dabei eben die nervösen Vorgänge näher zu betrachten, die jenem geistigen Tun zugeordnet sind. Dann wäre jene Zuteilung der beiden Erscheinungsweisen an verschiedene Bewußtseinseinheiten aufgehoben und beide wären in demselben Bewußtsein vereinigt. Von einer absoluten Disparität der beiden kann also keine Rede sein. Gewiß können wir nicht sagen, wie es nun eigentlich gemacht wird, daß einheitliche Bewußtseinsinhalte, wie Gedanken und Wünsche, sich gleichzeitig zufolge einer bestimmten Vermittelung als räumlich auseinandergezogene und mehrheitliche Inhalte darstellen; allein daß ein solcher Zusammenhang der Dinge möglich sei, wenn der Zwang der Erfahrungen nun einmal auf ihn hinweist, haben wir keinen ausreichenden Grund zu bezweifeln. Wir können sogar Analogien anführen, die uns bis zu gewissem Grade das Verständnis für solche Verhältnisse erleichtern: ein teleskopisch betrachteter Fixstern erscheint bei richtiger Einstellung des Rohres als ausdehnungsloser Punkt, bei unrichtiger Einstellung als eine kleine Scheibe; eine Kerzenflamme mit bloßen Augen gesehen ist einmal vorhanden, durch ein facettiertes Glas gesehen in zahlreichen Vervielfältigungen.

Von den gegen die parallelistische Theorie erhobenen Einwänden haben zwei (besonders von Busse geltend gemachte) eine gewisse Berühmtheit erlangt. Der eine, das *Austerlitz-Argument*, soll, ohne als eigentlicher Gegenbeweis

zu gelten, das Groteske und Paradoxe des Parallelismus deutlich zum Bewußtsein bringen. Napoleon I leitet und gewinnt die Schlacht bei Austerlitz. Für die parallelistische Betrachtung ein in sich geschlossener, durch ausschließlich physische Glieder vermittelter Zusammenhang. Auf der Netzhaut Napoleons werden wechselnde Bilder entworfen von Bewegungen blau-uniformierter und weiß-uniformierter Truppen; seine Ohren werden von Lufterschütterungen getroffen, herrührend von den Berichten seiner Adjutanten. Daraus entstehen in seinem Gehirn allerlei verwickelte nervöse Prozesse, die sich weiter in Bewegungen von Zunge und Kehlkopf umsetzen, neue Lufterschütterungen zur Folge haben und im Anschluß daran Bewegungen in anderen Leibern hervorrufen; zunächst in denen der näheren Umgebung: Schenkel- und Zügeldrücke, Galopp, Befehle, dann weiter in den entfernteren Massen: Kommandorufe, Schießen, Vorrücken, Hauen und Stechen, Flucht und Verfolgung. Daneben würde freilich ein das Innere der Dinge erschauender Beobachter auch allerhand psychische Vorgänge gewahr werden, Gemütserregungen, Überlegungen, Willensakte, aber diese haben nicht den geringsten Einfluß auf den Ablauf der physischen Prozesse; sie sind lediglich etwas sie Begleitendes. Wir könnten sie auch hinweg denken, ohne den physischen Verlauf im geringsten zu ändern. Nicht Napoleons Genie gewinnt also die Schlacht; sondern die mechanische Verkettung physischer Prozesse, „in welcher auch die paar Molekülumlagerungen in den Gehirnzellen Napoleons enthalten sind", führen den Ausgang mit Notwendigkeit herbei. So ungefähr ist in der Tat der Verlauf der Sache nach parallelistischer Auffassung: von außen ein rein mechanisches, automatenhaftes Getriebe. Nur jene Hinwegdenkbarkeit der geistigen Vorgänge darf man nicht mißverstehen. Sie greifen nicht ein in den physischen Ablauf, gewiß nicht. Aber sie könnten deshalb nicht etwa ebensogut fehlen oder anders sein ohne gleichzeitige Änderung des Physischen. Napoleons Geist könnte nicht etwa schlafen oder Schach spielen, während sein Gehirn unbekümmert darum die Schlacht von Austerlitz schlüge. Sondern das materielle Geschehen ist nur die Art, wie sich jenes unmittelbar erlebte Geistige der sinnlichen Betrachtung darstellt. Eine bestimmte Gestaltung der sichtbaren materiellen Vorgänge fordert also durchaus auch eine bestimmte Gestaltung der unsichtbaren geistigen, und insofern ist demnach auch die Genialität Napoleons zum Gewinn der Schlacht ganz unentbehrlich. Ohne sie wäre zugleich ihre materielle Erscheinung, diese bestimmte Verkettung der Gehirnprozesse Napoleons, nicht vorhanden; sein Mund würde andere Befehle ausstoßen, und damit auch der weitere Verlauf ein anderer werden. Was aber nun bei einer solchen mechanistischen Auffassung des äußeren Geschehens grotesk und paradox sein soll, vermag ich nicht einzusehen. Können wir a priori dekretieren: die und die sinnvollen Ergebnisse des Weltgetriebes, wie die Bildung von Planetensystemen, das Leben der Pflanzen, der Stoffwechsel in den tierischen Organismen, ihre Fortpflanzung, Reaktion gegen Krankheiten u. a., können freilich als durch rein physische Verursachung zustande kommend gedacht werden, die und die anderen Ergebnisse aber, wie die Hervorbringung zweckmäßiger Bewegungen und Handlungen oder das Aussprechen sinnvoller Worte, nicht mehr? Ich finde in unseren derzeitigen Kenntnissen keine Berechtigung oder auch nur eine Möglichkeit, hier irgendwo eine Scheidung vorzunehmen und die mechanische Leistungsfähigkeit der Organismen auf irgendwelche der an ihnen hervortretenden Äußerungen einzuschränken. Freilich muß man, um die Sache, in der Idee wenigstens, begreiflich zu finden, nicht an ein „paar Molekülumlagerungen in den Gehirnzellen" denken, sondern an erstaunliche Verwickelungen des Geschehens in einem über alles Vorstellen hinaus reichhaltig und verwickelt gebauten Organ.

Der andere Einwand, das *Telegramm-Argument*, soll nach Busse die Unmöglichkeit des psychophysischen Parallelismus für jeden unbefangen Urteilenden völlig einleuchtend machen. „Ein Kaufmann erhält ein Telegramm: Fritz angekommen, das ihm die glückliche Ankunft seines in Geschäften über See gewesenen einzigen Sohnes . . im Landungshafen meldet. Er lächelt, erhebt sich, teilt seiner Frau den Inhalt der Depesche mit, geht ins Kontor zurück . . . und zündet sich behaglich eine Zigarre an. Derselbe Kaufmann erhält einige Zeit später ein neues Telegramm: Fritz umgekommen: der Sohn ist auf der Eisenbahnfahrt vom Hafenort bis zum elterlichen Wohnsitz verunglückt. Er liest das Telegramm, springt, am ganzen Körper zitternd, auf, ein Schrei entringt sich seinen Lippen und er sinkt, die Arme ausstreckend, ohnmächtig zu Boden." Daß kleine Ursachen unter Umständen sehr große Wirkungen hervorbringen, wird bereitwillig zugegeben, hier handelt es sich aber darum, zu erklären, „warum zwei so minimal verschiedene . . . . fast identische Reize, die auf denselben Organismus einwirken, in ihm so ungeheuer verschiedene Wirkungen auslösen, während doch sonst überall in der Natur ähnliche Ursachen unter gleichen Bedingungen auch ähnliche Wirkungen zu haben pflegen". Für den Parallelismus und eine in seinem Sinn versuchte rein mechanische Erklärung des Vorgangs soll diese Geringfügigkeit des Unterschiedes der beiden Reize ein „unüberwindliches Hindernis" bilden. Mir scheint nichts merkwürdiger als die Überschätzung dieses Hindernisses. Schon bei ganz einfachen mechanischen Einrichtungen können Fälle vorkommen, in denen es sich sehr ähnlich verhält wie in dem Telegramm-Beispiel. Für ein exakt gearbeitetes Geldschrankschloß stehen zwei Schlüssel zur Verfügung. Der eine paßt genau, er öffnet das Schloß, die schweren Eisenmassen der Tür weichen einem leichten Zuge, und an die Herausnahme der in dem Schrank enthaltenen Papiere und Gelder knüpfen sich weitreichende Folgen. An dem anderen Schlüssel ist irgendeine Hervorragung $^1/_4$ mm zu lang oder eine Vertiefung um ebensoviel zu kurz geraten; der Unterschied gegen den ersten Schlüssel kann so gering sein, daß er bei gewöhnlicher Betrachtung gar nicht bemerkt wird. Gleichwohl paßt der Schlüssel nicht; wird er in das Schloß gesteckt, so dreht er sich nicht, und alle weiteren Folgen unterbleiben. Außerdem aber — und das ist der eigentlich entscheidende Gegengrund — ist doch der Unterschied der Reize in den angeführten Fällen nur für eine sehr oberflächliche Betrachtung so gering, daß die Verschiedenheit der Wirkungen besonders auffallen könnte. Nur für einen Menschen ganz ohne Erfahrungen, etwa für ein Kind in den ersten Lebensjahren, unterscheiden sich „ankommen" und „umkommen" durch weiter nichts als durch ein paar Striche in der ersten Silbe. Für jeden entwickelten Menschen dagegen ist das eine Wort in seinem vieltausendfachen Vorkommen fast immer begleitet gewesen von solchen Worten wie Erfolg, Befriedigung, Glück, Freude, das andere von solchen wie Leiden, Tod, Trauer und vielen ähnlichen, denen beiderseits — ganz entsprechend den geistigen Verschiedenheiten ihres Sinnes — zweifellos auch sehr verschiedene nervöse Erregungen zugehören. Nun kommen alle diese Worte freilich auf der Depesche nicht vor, aber sie sind deshalb für ihren Leser doch nicht einfach nicht vorhanden. Nach einer bekannten physiologischen Gesetzmäßigkeit werden irgendwelche Nachwirkungen von ihnen, d. h. von den ihnen entsprechenden Nervenprozessen, durch die gegebenen Worte assoziativ geweckt. Diese selbst spielen nur die Rolle von untergeordneten Stichworten, auf deren Ähnlichkeit und Verschiedenheit es kaum ankommt; das eigentlich Wirkende in dem Gehirn des Kaufmanns ist jedesmal eine kleine Welt ganz verschiedener nervöser Erregungen auf Grund tausendfältiger früherer Erfahrungen. Und daß diese

sich nun auch in höchst verschiedenen Bewegungen nach außen entladen, hat durchaus nichts Wunderbares.

Noch ein Wort über den Namen Parallelismus. Er ist getadelt worden und gewiß ist er nicht in jeder Hinsicht glücklich. Man denke an unsere Kugelschalen. Sie haben eine Innenseite und eine Außenseite, aber wird man wohl sagen, daß die beiden einander parallel seien? Vermutlich nicht, da die Schalen ja im mathematischen Sinne und also ohne Dicke gedacht werden sollten. Die objektive Realität ist nur eine, und nur dadurch, daß sie den Raum in zwei Teile teilt und auf diese Weise zwei verschiedene Arten von Beziehungen möglich macht, kommt eine Zweiheit in die Sache. Ähnlich bei Seele und Leib. Von dieser Identität des vorhandenen Realen aber, die doch wesentlich dazu gehört, ist der Name Parallelismus geeignet, die Aufmerksamkeit abzulenken. Andererseits ist die Doppelheit der Beziehungen und namentlich die enge Zusammengehörigkeit der beiden Manifestationsweisen, derzufolge jeder konkreten Gestaltung der einen Beziehungsweise eine bestimmte Gestaltung der anderen Reihe entspricht, doch in der Tat auch etwas Wirkliches. Und indem die Bezeichnung Parallelismus eben dies hervorhebt, trifft sie doch auch wieder das Richtige.

§ 5. Unbewußtes Seelenleben und Allbeseelung.

Die gewonnene Auffassung von den Beziehungen zwischen Seelenleben und Gehirntätigkeit führt in zwiefacher Hinsicht zu wichtigen Konsequenzen. Die nervösen Prozesse denken wir uns, wie oben mehrfach gesagt, als Glieder eines durchaus lückenlosen und nach bestimmten physikalisch-chemischen Gesetzen verlaufenden materiellen Geschehens. Sie sind uns nicht unmittelbar als solche gegeben: ihre Verwickelungen in sich und ihre Verkettungen mit den innerhalb und außerhalb des Körpers an sie anschließenden nicht-nervösen materiellen Prozessen entziehen sich vielmehr noch großenteils unserer Kenntnis. Aber auf Grund der tatsächlich mit den materiellen Dingen gemachten Erfahrungen hat sich uns jene Annahme von ihnen als die weitaus wahrscheinlichste aufgedrängt. Nun sollen die nervösen Vorgänge gleichzeitig eigenartige, nämlich durch Sinnesorgane vermittelte, Erscheinungen geistigen Lebens sein. Daraus folgt unabweislich, daß wir uns auch dieses geistige Leben und seine Äußerungen als eingeordnet zu denken haben in einen lückenlos geschlossenen und von festen Gesetzen durchgängig beherrschten Zusammenhang. In ähnlicher Weise wie dem besonderen materiellen Geschehen der Gehirnprozesse Bewußtseinserscheinungen zugeordnet sind — als das für sich seiende Reale, das in jenen räumlich auseinandergezogen angeschaut wird —, so muß dem gesamten materiellen Geschehen ein wenn auch nicht im vollen Sinne geistiges und bewußtes, so doch geistartiges und seelenähnliches Innenleben zugehören, das nun wie die materielle Welt ein großes gesetzmäßig zu-

sammenhängendes Ganzes bildet. Gegeben in unseren Erfahrungen sind uns diese Zusammenhänge auf der geistigen Seite womöglich noch weniger als auf der materiellen. Das gesamte geistige Leben der Welt erscheint uns zersplittert in eine ungeheure Fülle einzelner Individuen, die da rein geistig keinerlei Zusammenhang miteinander haben. Und innerhalb jedes einzelnen dieser Individuen lassen sich fast in jedem Moment geistige Vorgänge feststellen, die nach den für das Seelenleben bekannten Gesetzen nicht miteinander verbunden sind, also gleichfalls zusammenhanglos erscheinen. In beiden Hinsichten fordert also unsere allgemeine Grundanschauung eine Ergänzung des direkt Erfahrbaren, womit zugleich zwei wichtige und viel behandelte allgemeine Fragen in einem bestimmten Sinne entschieden werden. Zuerst seien die Lücken innerhalb des Bewußtseins der Einzelseelen erörtert.

1. Unbewußtes Seelenleben. Befindet man sich in einem Zimmer, in dem eine Uhr schlägt, so hört man die Schläge im allgemeinen. Bisweilen aber hört man sie nicht. Eine Wirkung des Schalles auf die Ohren und damit also auf das Nervensystem hat auch dann unzweifelhaft stattgefunden; wie sollte man sich ihr entziehen können? Ja, bisweilen hat augenscheinlich noch mehr stattgefunden. Man stutzt manchmal, nachdem die Schläge objektiv bereits vorbei sind, und erhascht gleichsam noch einige von ihnen in der Erinnerung. Aber gehört, d. h. in Empfindungen mit Bewußtsein erlebt, hat man gleichwohl nichts. Das heißt also: ein äußerer Reiz, der in der Regel bestimmte Empfindungen hervorruft, hat unter Umständen nicht diese Wirkung, ohne doch an seinem Eindringen auf das Sinnesorgan irgendwie gehindert zu sein. Wo mag der seelische Effekt in solchen Fällen wohl hingekommen sein, da man ihn doch nicht einfach als vernichtet betrachten kann?

In anderen Fällen findet sozusagen das Umgekehrte statt. Äußerlich hervortretende Wirkungen, die in der Regel durch psychische Ursachen (Vorstellungen, Gefühle) hervorgebracht werden, lassen unter Umständen solche Ursachen für das Bewußtsein in keiner Weise erkennen. Man lernt z. B. eine fremde Sprache durch Regeln und Grammatik. Wenn man anfängt, sich in ihr auszudrücken, so beherrscht die Erinnerung an die gelernten Formen und Regeln jeden Schritt und ermöglicht ihn. Allmählich aber tritt das Bewußtsein von diesen Dingen zurück, man spricht und schreibt geläufig, ohne an die maßgebenden Vorschriften weiter zu denken, ja oft ohne überhaupt mehr imstande zu sein, sie noch bewußt zu formulieren. Wie vieler Überlegungen und wie vielen Probierens bedarf es nicht für den angehenden Künstler, um ein den verwöhnten Geschmack

befriedigendes Werk zu schaffen! Der Meister kennt die Regeln auch und ist von ihrer Befolgung ausgegangen, aber jetzt braucht er nicht mehr ausdrücklich an sie zu denken; ohne bewußte Reflexion und vielfaches Herumtasten trifft er das Richtige.

Eine dritte Gruppe von Fällen endlich zeigt die beiden vorerwähnten gewissermaßen vereinigt. Ein bestimmtes psychisches Mittelglied verknüpft in der Regel zwei verschiedene andere Vorgänge, indem es von dem einen als seine Wirkung hervorgebracht wird und seinerseits den anderen als Ursache hervorruft. Unter Umständen fehlt dann jenes Mittelglied für das Bewußtsein, es fällt aus, ohne daß doch die beiden anderen Glieder durch sonst einen angebbaren Vorgang in Verbindung gesetzt würden, oder ohne daß man nach allen sonstigen Erfahrungen sie etwa direkt miteinander in einen Kausalnexus bringen dürfte. So z. B. bei allen langsam erlernten und nach entsprechender Übung „von selbst" ablaufenden Bewegungsfertigkeiten. Schreiben, Stricken, Schlittschuhlaufen, Schwimmen, Klavierspielen usw. sind Bewegungsreaktionen auf gewisse sinnliche Reize, die ursprünglich in langsam aufeinanderfolgenden einzelnen Schritten, durch die Vermittelung von mannigfachen Vorstellungen und Entschlüssen und meist mit vieler Pein zustande kommen. Nach einer gewissen Zeit der Übung wird der Strumpf in die Hand genommen, der Faden um den Finger gelegt, oder der Schlittschuh angeschnallt und der Fuß aufs Eis gesetzt, und auf diese sinnlichen Eindrücke hin laufen die entsprechenden Bewegungen ohne weiteres ab; alle die Zwischenglieder sind verloren gegangen, während doch alle die ursprünglich durch sie vermittelten Wirkungen erhalten geblieben sind.

Bekanntlich bezeichnet man solche seelischen Gebilde, die man nach der Analogie bestimmter Erfahrungen erwarten sollte, die sich aber gleichwohl nicht als bewußt vorhanden konstatieren lassen, als *unbewusst*, und redet also in Fällen wie den eben angeführten von unbewußten Empfindungen, Vorstellungen, Schlüssen, einem unbewußten Sinn für das Richtige usw. Bisweilen findet man freilich diesen Namen von vornherein als unsinnig abgewiesen. Vorstellungen und Gefühle seien doch etwas Bewußtes, und es sei somit schlechthin ein Widerspruch, von ihnen das Unbewußtsein auszusagen. Indes das ist, wie es neuerdings jemand mit Recht genannt hat, eine vexatorische Behauptung, eine rein terminologische Schwierigkeit. Beschränkt man erst das Wort Vorstellung auf die Bezeichnung des unmittelbar gegenwärtigen Erlebnisses, so ist es natürlich hinterher widersprechend, Vorstellungen unbewußt zu nennen. Allein die Frage ist doch gerade, ob diese Einschränkung richtig und zweckmäßig sei, oder ob es nicht

vielmehr zu den gegebenen Erfahrungen und den Annahmen, die wir zu ihrem Verständnis machen müssen, besser stimme, das Wort in einer weiteren Bedeutung zu gebrauchen. Die Bezeichnung also als vollkommen berechtigt zugelassen, was ist unter unbewußten Seelenzuständen zu verstehen?

Ihre Auffassung, kann man ganz allgemein sagen, hat zumeist zwischen zwei Extremen geschwankt, die beide unrichtig sind; man denkt sich in der Regel entweder etwas zuviel unter unbewußten Seelenzuständen oder etwas zuwenig. Die erste Vorstellungsweise ist die relativ verbreitetere. Sie wird durch die Schriften der meisten Psychologen nahegelegt, obwohl sie bei manchen gewiß mehr nur der Ausdrucksweise als ihrer eigentlichen Meinung entspricht.

An Vorstellungen, Empfindungen usw., behaupten also die einen, ist zweierlei zu unterscheiden. Erstens ein gewisser Inhalt oder eine gewisse qualitative Bestimmtheit, die das eigentlich Wesentliche und Bleibende an ihnen ausmacht; das, wodurch verschiedene Vorstellungen, z. B. rot und gelb, Pferd und Esel, im einzelnen einander ähnlich sind oder sich voneinander unterscheiden. Zweitens eine veränderliche Daseinsform, ein eigentümlicher Zustand, in den die Vorstellungen unter Umständen und übrigens immer nur für kurze Dauer hineingeraten, eben der Zustand der Bewußtheit oder des Bewußtseins. Dieser bildet nicht eine allgemeine und unabtrennbare Qualität der seelischen Gebilde; er kommt vielmehr ihrem Inhalt und Wesen an sich gar nicht zu, sondern ist eine besondere Erregtheit oder Lebhaftigkeit, die ihnen unter bestimmten und näher zu ergründenden Bedingungen ausnahmsweise zuteil wird. Wie also etwa Schauspieler auf der Bühne und hinter den Kulissen, oder die gleichen Gegenstände im Hellen und im Dunkeln, so sind auch bewußte und unbewußte Vorstellungen oder Empfindungen eigentlich dasselbe, verhalten sich in denselben Weisen zueinander, verbinden und trennen sich in gleicher Weise. Nur befinden sie sich als bewußte in einer Art Erregtheit oder gleichsam in einer Art Beleuchtung, die ihnen für gewöhnlich abgeht, ohne daß sie deshalb doch aufhörten zu existieren oder auch nur in ihrem eigentlichen Wesen, ihren inhaltlichen Bestimmtheiten andere wären.

Was diese Ansicht von der Sache unmöglich macht, ist folgende Erwägung. Bewußte Vorstellungen sind zweifellos begleitet oder getragen von nervösen Vorgängen; von den unbewußten ist notwendig das gleiche anzunehmen. Sind nun bewußte Vorstellungen inhaltlich und wesentlich dasselbe wie unbewußte und von diesen nur durch eine besondere Energie oder Lebhaftigkeit unterschieden, so müssen konsequenterweise auch die den beiden Arten entsprechenden nervösen

Prozesse im großen und ganzen als dieselben gedacht werden und können sich nur etwa durch verschiedene Intensitätsgrade voneinander unterscheiden. Das ist nun aber andererseits wieder völlig unmöglich. Die bewußten Vorstellungen sollen unter Umständen übergehen in unbewußte, als solche mehr oder weniger lange fortexistieren und dann gelegentlich wieder ins Bewußtsein zurückkehren. Die nervösen Prozesse aber zeigen nichts diesem Verhalten Entsprechendes. Sie kommen und vergehen, und wenn sie nach kurzer Dauer abgeklungen sind, ist es vorbei und aus mit ihnen; sie beharren nicht beliebig lange Zeit, wenn auch in abgeschwächter Stärke. Ja selbst wenn sie an sich eine solche Beharrungstendenz hätten, sie kämen kaum je dazu, von ihr Gebrauch zu machen. Die gegenwärtig im Dienst einer bestimmten Vorstellung funktionierenden Partien des Nervensystems werden unmittelbar nachher zu dem Dienst einer anderen Vorstellung in Anspruch genommen. Wie sollten sie es möglich machen, gleichzeitig noch ähnlich so weiter zu funktionieren, wie es der Inhalt jener ersten Vorstellung erforderte? Natürlich hinterbleiben irgendwelche Nachwirkungen von den vorangehenden Funktionen, da ja die Resultate später kommender Erregungen durch vorangegangene Erfahrungen aufs mannigfachste modifiziert werden. Aber was sich mit völliger Bestimmtheit behaupten läßt, ist, daß diese Nachwirkungen den Prozessen, von denen sie hinterblieben sind, in gar keiner nennenswerten Weise gleichen, daß sie namentlich nicht etwa bloß abgeschwächte Formen jener Prozesse selbst sein können. Ein neuer Strick, zum Verschnüren eines Koffers benutzt, ist steif und verknotet sich schwer; hat er diesem Zweck erst mehrere Male gedient, so handhabt er sich allmählich immer besser und bequemer. Von dem Gebrauch des Strickes hinterbleiben also zweifellos gewisse Veränderungen, die eben diese seine bestimmte Verwendung mehr und mehr erleichtern. Aber sie bestehen doch natürlich nicht in einer Fortdauer des Verknotetseins in abgeschwächter Form, in kleineren oder minder festen Knötchen etwa, sondern in Strukturänderungen, die mit Knoten gar keine Ähnlichkeit haben. Sie machen den Strick nachgiebiger gegen neue Verknotungen, aber sie hindern nicht im mindesten, daß er inzwischen zu etwas ganz anderem benutzt und z. B. straff ausgespannt werde. Ähnlich muß es sich mit den Nachwirkungen jener nervösen Prozesse verhalten, die bei dem Vorhandensein einer bewußten Vorstellung ablaufen. Sie bestehen in Strukturänderungen der funktionierenden Partien, aber nicht in abgeschwächten Intensitätsgraden jener Prozesse; in Änderungen, die mit den funktionellen Vorgängen selbst zuerst als Wirkungen und dann wieder als Ursachen zusammenhängen, von denen aber gar nicht zu sagen

ist, wie sie diesen Vorgängen sollten ähnlich sehen können. Ist dem nun aber so, so können auch die nach dem Schwinden und vor dem Auftreten bewußter Vorstellungen irgendwie freilich zu fordernden unbewußten Modifikationen dieser Gebilde inhaltlich gar keine Ähnlichkeit mit jenen haben. Die Anschauung also, wonach sie wesentlich dieselben Eigentümlichkeiten hätten wie jene und sich nur durch eine Art geringerer Energie von ihnen unterschieden, behauptet zu viel von ihnen.

Kein Wunder, daß die Reaktion gegen sie zu einer entgegengesetzten Einseitigkeit geführt hat. Von einer großen Zahl namentlich neuerer Psychologen wird die Behauptung vertreten, daß unbewußte Vorstellungen als eigenartige psychische Realitäten überhaupt gar nichts seien. Da wo man von ihnen spreche, sei entweder eine gewöhnliche bewußte Vorstellung vorhanden gewesen und nur sehr schnell vergessen worden, so z. B. bei anscheinenden Gedankensprüngen, deren Mittelglieder man hinterher nicht mehr rekonstruieren könne, oder wenn man glaube, ganz unbewußt seines Weges gegangen und doch an der richtigen Straßenecke eingebogen zu sein; oder aber es liege überhaupt nichts Psychisches vor, sondern lediglich etwas Physiologisches, dauernde Nachwirkungen früherer nervöser Prozesse oder schwache nervöse Erregungen, die zwar unter anderen Umständen zu geistigen Vorgängen führen können, aber unter den gegenwärtigen nicht mit ihnen verbunden seien. Unbewußte Vorstellung sei also bloß eine, vielleicht gar nicht üble, Metapher zur Bezeichnung ganz andersartiger, nämlich nervöser Vorgänge, die zu den geistigen gewisse Beziehungen hätten.

Dies ist nun eben die Ansicht, von der ich oben sagte, daß sie von den unbewußten seelischen Dingen zu wenig wissen wolle. Auch von ihr kann man sich nicht befriedigt erklären. Von anderem abgesehen vereinigt sie sich durchaus nicht mit den oben gewonnenen allgemeinen Anschauungen von dem Zusammenhang des Nervösen und Geistigen und mit einer befriedigenden Gesamtauffassung des geistigen Daseins überhaupt.

In der nervösen Substanz, wurden wir anzunehmen gedrängt, lebt eben das, was sich unserem Sehen und Tasten als Ganglienzelle und Nervenfaser manifestiert, gleichzeitig noch ein anderes Sein, nämlich das seelische. Wie können nun hiervon diejenigen Zustände, die das eigentlich Reale der unbewußten Vorstellungen bilden sollen, einfach ausgeschlossen gedacht werden? Gehören ihre nervösen Formen in die kausale Verkettung der materiellen Dinge, so gehören deren geistige Äquivalente in die kausale Verkettung der geistigen Dinge. Oder hat Kausalverknüpfung, die wir doch sonst überall in der Welt

voraussetzen, für ihre geistige Gestalt keine Gültigkeit? Ist Geistigkeit etwas, was fortwährend sprungweise aus dem Nichts auftritt und nach einer Weile wieder in nichts verfliegt? Derselbe Zwang, der aus den oben erörterten Tatsachen sicherlich zur Ansetzung nervöser Nachwirkungen, Dispositionen u. dergl. führt, führt offenbar ebensogut, wenn Geistigkeit ein Begleitphänomen des Nervösen ist, zur Ansetzung geistiger Dispositionen, die eben das gesuchte Unbewußte bilden.

Wir gelangen also zu dem Resultat: unbewußte Vorstellungen sind zwar nichts den bewußten und uns bekannten Vorstellungen direkt Ähnliches, aber sie sind trotzdem als etwas Psychisches irgendwelcher Art anzuerkennen.

Es könnte scheinen, als ob damit nicht viel gewonnen sei und als ob man sich bei dem unbewußt Geistigen doch nichts Rechtes denken könne, wenn man nur im allgemeinen wisse, daß es geistiger Art sei, aber nicht, wie es denn nun eigentlich aussehe. Im Grunde aber ist genug gewonnen, und auch die Denkbarkeit wird man genügend finden, sowie man einmal beachtet hat, daß wir auf dem Gebiet der materiellen Dinge fortwährend und ungezwungen mit analogen Vorstellungen hantieren. Niemand zweifelt, daß er ein Gehirn besitzt mit gegenwärtig darin verlaufenden und den Vorbedingungen zu künftigen Nervenprozessen, oder daß die Bäume im Walde Wurzeln haben und die Anlage zu künftigen Bäumen in ihren Früchten tragen. Man hat das alles nicht direkt gesehen, aber man denkt es sich so, *weil man sich gezwungen findet, es nach Analogie bestimmter Erfahrungen als Ursache und Wirkung zu direkt Sichtbarem vorauszusetzen.* Indes eigentlich anschaulich denken kann man es doch auch wieder nicht. Wie soll ich mir denn z. B. mein Gehirn denken. Alles was ich von diesem Organ weiß und vorstellen kann, bezieht sich auf gesehene und getastete Gehirne. Das meinige ist aber weder sichtbar noch tastbar und es ist daher völlig sicher, daß es in seiner gegenwärtigen Verborgenheit durch die sonstwo wahrgenommenen Prädikate einer gewissen Farbe, Temperatur, Konsistenz usw. schlechterdings nicht zutreffend charakterisiert werden kann. Ich schreibe sie ihm freilich wohl insgeheim zu und ich verfahre sehr zweckmäßig so. Aber das kann nicht im eigentlichen, sondern nur in einem uneigentlichen und übertragenen Sinne gemeint sein und hat seine Berechtigung nur durch einen weiteren und ganz richtigen Nebengedanken. Ich meine nämlich, daß *wenn die irgendwie vorhandene Realität meines Gehirns durch geeignete Mittel der Wahrnehmung zugänglich gemacht werde,* daß sie dann die und die anderswo gefundenen

Eigenschaften zeigen werde. Aber in seinem tatsächlichen und gegenwärtigen Dasein kann ich es nicht anders denken, wie als ein nicht näher charakterisierbares materielles Gebilde, dessen Eigenschaften mit den mir anschaulich bekannten Eigenschaften materieller Dinge gar keine Ähnlichkeit haben.

Ganz so verhält es sich mit den unbewußten Vorstellungen, Empfindungen, Willensakten usw. Sie sind nicht direkt wahrnehmbar, sondern eben unbewußt. Aber wir sind gezwungen, sie nach Analogie bestimmter Erfahrungen als Ursache und Wirkung zu direkt Wahrnehmbarem und Bewußtem hinzuzudenken, und unbewußt geistig soll uns somit eben das heißen, was wir zur Herstellung eines befriedigenden psychischen Kausalzusammenhanges vorauszusetzen haben. Wie es in seiner wahren Gestalt beschaffen ist, können wir gar nicht näher beschreiben. Wir müssen vielmehr behaupten, daß es weder mit nervösen Zuständen oder Vorgängen identifiziert werden darf, die ihm freilich zugeordnet sind, noch andererseits den bewußten seelischen Gebilden in ihren konkreten Eigentümlichkeiten direkt ähnlich sein kann. Wenn wir gleichwohl die dem Bewußten zukommenden Namen und Unterscheidungen auch von dem Unbewußten aussagen, so ist das in einem übertragenen Sinne zu verstehen. Es heißt, daß, wenn wir uns das unbekannte unbewußte Gebilde durch geeignete Mittel zum Bewußtsein gebracht denken — wobei es natürlich nicht mehr mit jenem identisch bleibt, aber doch in einem festen Kausalzusammenhang daraus hervorgeht —, daß es dann den bestimmten Charakter einer so und solchen Empfindung, Vorstellung u. dergl. zeigt. Für die Betrachtung der materiellen Dinge sind solche Hilfsbegriffe nicht nur zulässig, sondern geradezu unerläßlich, und so sind sie auch für die Betrachtung der geistigen Dinge nicht zu entbehren.

Das gegenwärtig nicht Gesehene, aber durch geeignete Mittel sichtbar zu Machende verhält sich in bezug auf diese seine Sichtbarkeit nicht alles in derselben Weise. Die Wurzeln eines Baumes können jeden Augenblick entblößt und wahrgenommen werden, die in der Frucht enthaltenen künftigen Bäume werden direkter Beobachtung erst nach längerem Warten zugänglich. Wenn ich durchaus will, kann ich allenfalls auch die Oberfläche meines Gehirns meinem Gesicht- und Tastsinn erschließen lassen, die Basis aber oder den Thalamus opticus naturgemäß nicht. Die nicht gesehenen materiellen Dinge also, die mit ihren Wirkungen doch jederzeit in die gesehene Welt hineingreifen, sind dem Sichtbarwerden nicht alle gleich nahe. Die einen sind ihm näher, die anderen ferner; vielen bleibt das Wahrgenommenwerden dauernd vorenthalten.

Ganz Entsprechendes gilt wieder für das unbewußt Geistige. Wenn von dem neuen Deutschen Reich die Rede ist, so liegt auch der Gedanke an Bismarck nahe. Ich brauche mir nicht direkt seinen Namen oder seine Taten und sein Leben bewußt zu vergegenwärtigen, aber alles das ist dem Bewußtwerden nahe gerückt, d. h. es bedarf nur geringfügiger Anstöße, damit es tatsächlich in bewußten Vorstellungen hervortrete. Der Gedanke an Polarexpeditionen dagegen oder an römische Dichter, von denen ich doch auch manche Vorstellungen unbewußt in mir trage, liegt unter jenen Umständen relativ ferne. Von selbst komme ich nicht darauf, und wenn ich durch einen äußeren Zwang darauf gebracht werde, merke ich gleichsam einen geistigen Chok und eine deutliche Schwierigkeit, auf diese Dinge innerlich überzugehen. Manche früherworbene Kenntnis, manche Anlage des Gemüts oder des Könnens, die doch alle den geistigen Gesamthabitus irgendwie mitbestimmen, kommen in deutlich bewußter Gestalt nur selten oder überhaupt nie zur Erscheinung.

Man bedient sich zur Bezeichnung dieser Unterschiede neuerdings eines sehr zweckmäßigen Terminus. Vorstellungen, die noch nicht selbst bewußt, aber dem Bewußtwerden nahe sind, die also auf geringfügige Veranlassungen hin wirklich hervortreten, nennt man *Vorstellungen in Bereitschaft*, solche, bei denen dies nicht der Fall ist, *Vorstellungen außer Bereitschaft*. Der Ausdruck geht schon auf Hume zurück. Die Vorstellungen der verschiedenen Objekte, sagt dieser, die durch ein bestimmtes Wort bezeichnet werden, haben wir nicht alle deutlich in der Vorstellung gegenwärtig, „abér wir halten uns in einer Bereitschaft, beliebige von ihnen zu überblicken,“ jenachdem wir dazu noch eine Veranlassung haben mögen. Zu allgemeinerer und namentlich unpersönlicher Verwendung aber ist der Terminus erst durch Steinthal gelangt.[1]

2. Allbeseelung. Neben der Notwendigkeit, das seelische Leben innerhalb der einzelnen Individuen, da wo es Lücken zeigt, irgendwie zusammenhängend und geschlossen zu denken, besteht, wie oben angedeutet, die andere Notwendigkeit, es über das Bewußtsein jener Einzelindividuen hinaus ausgedehnt und weitergreifend vorzustellen.

[1] Die gleiche Auffassung des Unbewußten u. a. bei Th. Lipps, Grundtatsachen des Seelenlebens S. 28 ff., Paulsen, Einl. in die Philosophie I, 1 Nr. 6, sowie (ganz kurz) bei Heymans, Zeitschr. für Psychol. Bd. 17 S. 81. Als Vertreter der oben abgewiesenen beiden Ansichten seien genannt Steinthal (Einleitung in die Psychologie I. Teil, III) für die erste und Brentano (Psychologie vom empirischen Standpunkte I, S. 133) für die zweite. Die Stelle bei Hume findet sich Treatise of Hum. Nature I, 1, Sect. VII: Of Abstract Ideas.

Ich erwache morgens aus dem Schlafe und erlebe die ersten Eindrücke des Tages, die Helligkeit des Zimmers und den Schlag der Glocke, die mich weckt. Woher kommen sie? Für die gewöhnliche Auffassung werden sie von den äußeren Reizen hervorgebracht, sie gehen durch eine Art Umwandlung aus ihnen hervor. Im praktischen Leben werden wir sicherlich auch stets fortfahren, uns im Sinne dieser hergebrachten Vorstellung auszudrücken, ebenso wie wir es ja tun, wenn wir von Auf- und Untergang der Sonne oder von der Seele reden (S. 16). Aber das wahre Verhältnis wird doch durch sie nicht getroffen, wie wir erkannten. Die äußeren Reize bringen wieder nur äußere, d. h. allgemein sichtbare Vorgänge hervor: Nervenprozesse, elektrische Prozesse, Stoffwechselvorgänge, Muskelkontraktionen; das Geistige hat in dieser Verkettung rein materiellen Geschehens keine Stelle. Woher also kommt es? Und wenn ich dann weiter im Anschluß an jene Eindrücke allerlei Überlegungen anstelle und schließlich zu dem Entschluß komme, aufzustehen, was wird aus diesem? Die Körperbewegungen, in denen das Aufstehen besteht, die nach gewöhnlicher Auffassung aus ihm hervorgehen, sind in Wahrheit die Wirkungen anderer Bewegungen; was ist also das Schicksal jenes Entschlusses, da er doch nach Verwirklichung des Aufstehens nicht mehr vorhanden ist? Einem Arbeiter fällt ein Balken auf den Kopf; er wird bewußtlos, und als er wieder zu sich kommt, zeigt sein Seelenleben die ungeheuersten Veränderungen: sein Gedächtnis hat gelitten, seine Gedanken verwirren sich leicht, er vermag die Worte nicht mehr vorzustellen, um ihnen Ausdruck zu geben usw. Die Wirkung des Balkens erschöpfte sich in dem Durchschlagen der Schädeldecke und in der Zerstörung eines Teils der Gehirnmasse, woher also sind die seelischen Veränderungen gekommen, die gleichzeitig entstanden? und wohin verflog das vorhandene Seelenleben im Augenblick des Bewußtloswerdens?

Die gleichen Fragen erheben sich fast in jedem Moment. Überall wo Geistiges anscheinend aus äußeren Ursachen hervorgeht und anscheinend äußere Wirkungen hervorbringt, also an jedem Anfang und jedem Ende einer Reihe kausal zusammenhängender Erlebnisse des Individualbewußtseins, müssen sie gestellt werden. Und die darauf zu gebende Antwort kann nur diese sein. Wie das uns bekannte und jedem in seiner Seele gegebene geistige Leben zugeordnet ist bestimmten Gehirn- und Nervenprozessen, in denen es sinnlich zur Erscheinung kommt, so muß auch eine Art geistigen Lebens jenen anderen materiellen Vorgängen zugehören, die als Ursachen oder Wirkungen mit den Nervenprozessen zusammenhängen. D. h. schließlich, die ganze materielle Welt muß zugleich als irgendwie beseelt gedacht

werden; sie muß, wie das Nervensystem, die äußere Erscheinung einer seelenähnlichen Innenwelt sein, und in dieser weiteren Geistigkeit müssen die wahren Ursachen und Wirkungen jener geistigen Erlebnisse enthalten sein, die dem Bewußtsein der einzelnen Seelen ohne Eingliederung in einen solchen Zusammenhang gegeben sind.[1]

Auch andere Betrachtungen führen zu diesem Resultat. Nervensystem und Gehirn sind äußerst zusammengesetzte Gebilde; sie bestehen aus Ganglienzellen und Nervenfasern, diese weiter aus bestimmten chemischen Elementen in sehr verwickelt gebauten Verbindungen. Soll man sich nun denken, daß dem Ganzen etwas zugehöre, geistiges Leben, was seinen Teilen ganz und gar fehlt? Daß das Ganze die äußere Erscheinung einer Seele und ihrer Betätigungen sei, während in den Teilen als solchen, aus denen es doch allein besteht, nichts der Art erscheint? Wie und wann sollte wohl jenes eigenartige Innenleben bei dem Aufbau der Teile zu einem Ganzen in dieses hineingekommen sein, wenn es nicht von Anfang an schon, wenigstens keimartig, in jenen gesteckt hätte? Verständlich wird das Verhältnis doch nur, wenn man sich auf der geistigen Seite so gut wie auf der körperlichen das Ganze zwar als eine unendlich viel reichere und höherstehende Bildung denkt als die Teile, aber in allem seinem Reichtum doch allein erbaut aus den Mitteln, die die Teile dazu hergeben, und daher in allen seinen Eigenschaften und Äußerungen nur eine Steigerung und Potenzierung dessen, was in irgendwelchen, sei es auch noch so rudimentären, Formen auch den Teilen schon innewohnt.

Existiert aber so in den Elementen des Nervensystems, den organisierten sowohl wie den nicht organisierten, eine Art geistigen Innenlebens, wie kämen zufällig gerade diese zu einem solchen Besitz,

---

[1] Ich spreche mit Absicht immer nur von einer Art Geistigkeit und von einem seelenähnlichen Innenleben der Außenwelt. Welcher Art diese Geistigkeit eigentlich ist und wie groß ihre Ähnlichkeit mit dem uns bekannten Seelenleben, vermögen wir auf keine Weise zu sagen. Vermutlich aber würde ein Wesen, das beide zugleich umfassen und miteinander vergleichen könnte, die Kluft zwischen ihnen noch größer finden als die zwischen unseren bewußten und den vorhin als unbewußt bezeichneten seelischen Vorgängen. Denn diese beiden sind doch in gleicher Weise Parallelerscheinungen nervöser Gebilde und Prozesse, jene weitere Geistigkeit aber erscheint sinnlich in ganz andersartigen Gestalten, also wird sie auch wohl selbst eine ganz andersartige sein. Man denke also bei einer Beseelung der Pflanzen und Kristalle, der Ganglienzellen und Weltkörper nicht allzusehr an menschliche Empfindungen und Vorstellungen. Außerdem aber sind hier zweifellos je nach der Art der materiellen Vorgänge, denen das behauptete Innenleben zugehört, die allergrößten Unterschiede zu denken, wie es ja auch schon bei dem bewußten Seelenleben der Menschen, der höheren Tiere und niederen Tiere der Fall ist.

wenn er nicht eine allgemeine Eigentümlichkeit aller materiellen Elemente wäre? Sind Nervenzellen und Nervenfasern, Phosphor- und Kohlenstoffmoleküle Träger oder äußere Erscheinungen eines noch so primitiven Seelenlebens, aus welchen faßbaren Gründen wollte man zweifeln, daß Muskelfasern und Blutkörperchen, Arsen- und Siliciummoleküle es auch seien? Damit aber erwächst zugleich die Notwendigkeit, die Beseelung der Materie, wie zuerst nach unten, so auch wieder nach oben auszudehnen. Wenn die rudimentären seelischen Äußerungen gewisser materieller Elemente durch deren Zusammentreten zu dem kunstvollen Bau des menschlichen Nervensystems eine menschliche Seele aufbauen, zu den unendlich höheren Betätigungen unseres Bewußtseins gleichsam zusammenfließen, wie sollte nicht etwas der Art nach Ähnliches vorhanden sein müssen, wo die gleichen oder auch teilweise andere Elemente zu anderen umfassenden Bildungen zusammengefügt erscheinen, z. B. zu einem Baum oder einem Weltkörper oder auch zu der ganzen Welt?

Ich verfolge diese Andeutungen hier nicht weiter. Die Allbeseelung liegt in der Konsequenz der allgemeinen Anschauung über das Verhältnis der Seele zum Gehirn, zu der wir gedrängt wurden; insofern mußte auf sie hingewiesen werden. Aber sonst hat sie zu dem Gegenstande dieses Buches, der Darstellung des geistigen Lebens innerhalb der Einzelseele, keine engeren Beziehungen. Nur ein Einwand, der leicht gegen sie erhoben wird und indirekt auch den Parallelismus treffen würde, sei noch kurz berührt. Ist es nicht eine ungeheuer phantastische und geradezu paradoxe Vorstellung, werden viele fragen, sich nicht nur die Menschen und die Tiere, sondern die ganze materielle Welt beseelt zu denken, Pflanzen und Kristalle, Zellen und Moleküle, Weltkörper und Planetensysteme? Ich antworte mit ein paar Gegenfragen. Ist es nicht noch viel phantastischer, sich die Materie als solche seelenlos zu denken, dann aber anzunehmen, daß in gewisse höhere materielle Bildungen, die Menschen- und Tierleiber, bald nach ihrer Entstehung besondere Seelen hineinschlüpfen, die entweder jedesmal eigens für diese Leiber und passend zu ihnen geschaffen werden mußten, oder vorher schon gleichsam auf Vorrat gearbeitet vorhanden waren, aber bis dahin noch keine Unterkunft finden und daher auch keine Kunde von sich geben konnten? Wie ist damit nur die einfache Tatsache begreiflich zu machen, daß die Seelen der Kinder so oft denen der Eltern oder Großeltern gleichen, und zwar bis in ihre höchsten Betätigungen hinauf und ohne daß allemal eine Übertragung durch Nachahmung oder Erziehung angenommen werden kann? Oder, wenn man von der Existenz abtrennbarer substanzieller Seelen absehen will, ist es nicht paradoxer und wunderbarer, sich die Materie in ihren einfacheren und niederen Bildungen völlig seelenlos zu denken, aber bei Erreichung einer gewissen Höhe der Entwickelung das Seelische neben ihr und in ihr auftreten zu lassen, „nicht als Eigenschaft oder Erzeugnis der Materie und ihrer Kräfte, auch nicht als Summation oder Integration schon vorhandener, die innere Seite der ‚Atome‘ repräsentierender psychischer Keime, sondern als etwas ganz Neues“, für die physisch-empirische Betrachtung aus nichts Entstandenes? (Busse, Geist und Körper S. 476.)

Natürlich meine ich nicht, damit etwas Positives zugunsten der Allbeseelung gesagt zu haben. Ich meine nur, daß mit ihrer Beurteilung als phantastisch oder paradox nichts zu machen ist; diesen Charakter haben die dem Parallelismus entgegenstehenden Ansichten in gleichem oder höherem Maße. Überhaupt, was ist paradox? Ich denke mit Hobbes (in seinen schönen Questions concerning Liberty, Necessity and Chance): „an opinion not yet generally received. Christian religion was once a paradox.“

§ 6. Methode der Psychologie.

1. Allgemeines. Das A und O aller psychologischen Methodik kann nicht treffender formuliert werden als in den bekannten Schillerschen Versen:

Willst du dich selber erkennen, so sieh wie die andern es treiben.
Willst du die andern verstehn, blick' in dein eigenes Herz.

Aber freilich, zwischen dem A und O gibt es noch mancherlei anderes, was die Leute beschäftigt hat und der Erwähnung wert ist.

Über eins haben nie Zweifel bestanden und hat es nie Streit gegeben: die beiden Mittel psychischer Erkenntnis, die jenes Distichon empfiehlt, *Selbstbeobachtung und Beobachtung anderer*, sind nicht zwei nebeneinander bestehende und voneinander unabhängige Forschungsmethoden (etwa so wie es verschiedenartige Methoden gibt, die Schallgeschwindigkeit zu bestimmen oder den Faserverlauf im Gehirn kennen zu lernen), sondern sie gehören durchaus und ganz unzertrennlich zusammen. Eines allein leistet so gut wie nichts für die Psychologie, nur vereinigt vermögen sie etwas zu wirken.

Die Selbstbeobachtung zunächst, für sich allein betrieben, leidet an drei unheilbaren Gebrechen. Der Versuch der Beobachtung hebt erstens bis zu gewissem Grade die Dinge auf, auf die er sich richtet. Man denke sich jemanden, der das Wesen der Aufmerksamkeit oder der Angst studieren will und sich vornimmt, sich in diesen Zuständen zu beobachten. Ist er wahrhaft aufmerksam und energisch konzentriert auf seinen Gegenstand, so denkt er eben vermöge dieser Konzentration nicht an die Beobachtung. Erinnert er sich aber seines Vorsatzes und fängt mit dem Beobachten an, so ist er ebendamit jetzt nicht mehr ordentlich aufmerksam, sondern von seinem Gegenstande abgelenkt. Wer das Vaterunser sicher und gut hersagen kann, aber dabei beobachten will, wie er seine Sache macht, kann ziemlich sicher sein, daß er stolpert. Es gibt also im Grunde, wie man richtig bemerkt hat, gar keine eigentliche Beobachtung des inneren Lebens in dem Sinne, in dem man bei äußeren Objekten von Beobachtung redet, sondern nur eine mehr oder minder beiläufige und gelegentliche Wahrnehmung seiner Gebilde. Diese mag bisweilen und in be-

schränkter Weise schon möglich sein, während die Phänomene in voller und ursprünglicher Wirklichkeit gegenwärtig sind, aber im allgemeinen ist sie auf das angewiesen, was hinterher noch von ihnen auftaucht, auf ihre lückenhaften und schattenhaften Erinnerungsbilder. Und wo die Fähigkeit zu gleichzeitigen Wahrnehmungen noch nicht ausgebildet, eine spätere Erinnerung aber nicht mehr vorhanden ist, wie bei den wichtigen geistigen Entwickelungen der ersten Kinderjahre, da versagt diese Erkenntnisquelle überhaupt.

Die Selbstbeobachtung kann ferner die Dinge, auf die sie sich richtet, nicht rein und objektiv erfassen; sie versetzt und verfälscht sie fast unvermeidlich und ist in steter Gefahr, *Kunstprodukte* zu liefern. Jemand will die vielerörterte Frage entscheiden, ob bei dem räumlichen Sehen Vorstellungen von Augenbewegungen eine bestimmte ihnen zugeschriebene Rolle spielen. Er blickt umher, indem er sich dabei so aufmerksam als möglich beobachtet, und hat nun allerdings alle Chancen, das, was er konstatieren will, vorzufinden. Aber nicht, weil es in der Tat vorhanden sein müßte, auch wenn er nicht sucht, sondern lediglich deshalb, weil er sucht, und weil ihm hierdurch natürlich die Vorstellungsinhalte, auf die es ankommt, stets lebendig gegenwärtig sind. Allgemein gesprochen: Beobachtung gibt es nicht ohne bestimmte Gesichtspunkte, von denen sie geleitet wird, ohne Vermutungen über etwas, dessen Vorhandensein oder Nichtvorhandensein eben durch die Beobachtung entschieden werden soll. Alle solche Gesichtspunkte und Vermutungen bestehen in Vorstellungen. Indem man nun mit gewissen Vorstellungen an die Beobachtung eines psychischen Phänomens herangeht, muß man natürlich eben diese Vorstellungen als seine Bestandteile wiederfinden. Man trägt sie unvermeidlich hinein, auch wenn sie dem Phänomen an sich, d. h. dem einfach und ohne Reflexion verlaufenden, gar nicht angehören.

Die Selbstbeobachtung bleibt endlich drittens mit allem, was sie zu liefern imstande ist, stets auf ein einziges Individuum beschränkt. Sie ermittelt den Inhalt einer einzigen Seele mit allen seinen tausend Zufälligkeiten und Singularitäten. Aber eine solche Selbstbiographie ist nicht Psychologie, so wenig wie die Beschreibung einer einzelnen Pflanze Botanik ist. Gewiß gehört auch die Kenntnis des Einzelnen und Allereinzelsten zur Psychologie, aber als eine gegliederte, und nicht als eine gleichförmige und in allen ihren Zügen gleich wichtige Masse. Es kommt ihr an auf die Erkenntnis des Allgemeinsten und Fundamentalen als solchen und auf die des Individuellsten und Singulärsten wieder als solchen, auf die innere Gliederung der Dinge nach ihrer umfassenderen oder minder umfassenden Gesetzmäßigkeit. Dazu

aber vermag die Selbstbeobachtung nur in beschränktester Weise zu verhelfen.

Sie bedarf also durchaus der Unterstützung und Ergänzung durch ein anderes Hilfsmittel, und das ist eben die Beobachtung anderer. An anderen kann man die Phänomene in ihrer eigentlichen Wirklichkeit und auf ihrem Höhepunkt so gut wie in jedem beliebigen anderen Stadium studieren. Man kann sie ferner wahrhaft beobachten, d. h. die Aufmerksamkeit vorher auf gewisse Punkte und in Wiederholungsfällen auf andere Punkte lenken und dadurch ohne die Gefahr subjektiver Unterschiebungen und Verfälschungen die verschiedenen Seiten und sozusagen die Struktur eines Phänomens kennen lernen. Die Fülle und Verschiedenheit des zur Verfügung stehenden Beobachtungsmaterials ist unermeßlich. Die Beobachtungen lassen sich ausdehnen auf Alte und Junge, Wilde und Zivilisierte, Kranke und Gesunde, Menschen und Tiere. Man kann so die Phänomene in ihrer einfachsten Gestalt zu Gesicht bekommen und die Abwandlungen und Verwicklungen verfolgen, welche sie durch die verschiedensten Bedingungen erleiden. Namentlich aber kann man das Allgemeine und Universelle von dem Besonderen und Individuellen durch Vergleichung trennen und beides in seinen Beziehungen zueinander zu erkennen suchen.

Aber freilich, dieses wertvolle Hilfsmittel für sich allein genommen hat auch wieder keine Bedeutung. Die bloße Beobachtung anderer liefert lauter Schalen, zu denen die Kerne fehlen. Das worauf die Absicht doch eigentlich gerichtet ist, psychische Phänomene nämlich, bietet sie gar nicht. Was eigentlich Hunger ist oder Wut, kann mich die sorgfältigste Beobachtung eines herumspringenden oder brüllenden Tieres nicht lehren; ich sehe nur äußere Zeichen und muß die Hauptsache aus der an mir selbst erworbenen Kenntnis heraus hinzutun. Vom Menschen sagt man freilich, daß er seine geheimsten Gedanken und Wünsche durch Mitteilung anderen offenbaren könne; aber was er in Wahrheit mitteilt, sind auch hier wieder nur andersartige Zeichen, die auf Grund des eigenen Innenlebens des Beobachters entsprechend gedeutet werden müssen. Alle Beobachtung anderer ist nichts, wenigstens für die Psychologie nichts, ohne die stete Belebung und Durchgeistigung durch die Resultate der Selbstbeobachtung.

Die beiden Forschungsmittel gehören also durchaus zusammen. Das eine allein liefert nichts Gesichertes und hinreichend Wissenschaftliches, das andere allein nichts Psychisches; erst in wechselseitiger Ergänzung und Durchdringung geben sie eine Wissenschaft der Psychologie. Wer darin eine Schwierigkeit oder einen Wider-

spruch sehen sollte, denke an die moderne Erzeugung des Lichtes durch Dynamomaschinen. Auf zwei Mitteln beruht hier seine Entstehung, Magnetismus und Elektrizität. Aber diese bestehen nicht nebeneinander und unabhängig voneinander, sondern jedes setzt das andere voraus und existiert nur durch die stetige Wechselwirkung mit ihm. Ein Restchen Magnetismus in den Eisenstäben der Maschine, soviel etwa wie sich überall findet, wo Eisen in Ruhe sich selbst und der Erde überlassen ist, liefert bei der Rotation einen sehr schwachen Strom. Dieser verstärkt zunächst den Magnetismus des Eisens, wird dadurch selbst stärker, steigert den Magnetismus noch weiter, um selbst sofort weiter gesteigert zu werden, und so fort bis zu einer durch den Bau der Maschine gegebenen Grenze. So verhält es sich auch mit Selbstbeobachtung und Beobachtung anderer. Die Spur Magnetismus, die hier den ganzen Prozeß einleitet und die wechselseitige Steigerung seiner beiden Faktoren in Gang bringt, ist weit zurück in den Kinderjahren zu suchen, in den ersten primitiven inneren Wahrnehmungen des Kindes. Mit ihrer Hilfe interpretiert und beseelt es bald die Personen und Gegenstände seiner nächsten Umgebung, lernt damit sich selbst besser kennen, wird hierdurch sofort wieder zu besseren Interpretationen befähigt und hat so, bis zu dem Moment, wo es etwa als Mann dazu übergeht, theoretische Psychologie zu treiben, seine Fertigkeit in beiden Beobachtungsweisen schon zu einer erheblichen Höhe gesteigert.

2. Experiment und Messung. Bis weit in das 19. Jahrhundert hinein wurden die beiden Erkenntnismittel der Psychologie sozusagen kunstlos angewandt, ohne Unterstützung durch besondere Vorkehrungen und ohne das Streben nach möglichst exakten Resultaten. Die ungeheuren Fortschritte und Umwälzungen, welche die Einführung künstlich unterstützter Beobachtungen, d. h. des Experiments, und die numerische Fixierung ihrer Ergebnisse durch genaue Messungen seit dem 16. Jahrhundert für die Naturwissenschaft im Gefolge hatte, legten zwar schon längst den Gedanken nahe, für die Psychologie ähnliches zu versuchen. Allein man fand die geeigneten Handhaben nicht, und es blieb daher bei gelegentlichen Reflexionen über die Schwierigkeiten eines solchen Unternehmens, die sich in der Regel zu der das Unvermögen motivierenden und daher beruhigenden Behauptung seiner inneren Unmöglichkeit zuspitzten. Erst in den letzten Dezennien ist man darauf geführt worden, daß die Sache doch tunlich sei und wie man sie anfangen müsse.

Dieser Fortschritt lag zum Teil im Wege der natürlichen Weiterentwicklung der Physiologie. Indem man anfing, die Empfindungsapparate des Körpers zum Gegenstande eingehender experimenteller

und messender Untersuchungen zu machen, wurde man unvermeidlich dazu hinübergeführt, hinsichtlich der von ihnen abhängenden psychischen Empfindungen dasselbe zu tun (E. H. Weber, H. v. Helmholtz). Einen ungemein kräftigen Aufschwung gab dann der Sache, infolge einer seltenen Vereinigung von philosophischem Enthusiasmus und sorgfältigster Schätzung des Empirischen, G. Th. Fechner. Er erkannte die prinzipielle Wichtigkeit mehrerer von Physiologen und Physikern mehr beiläufig gewonnener Resultate für die Psychologie, verschaffte ihnen dadurch Beachtung in den weitesten Kreisen, und förderte sie selbst durch unermüdlichste theoretische und praktische Arbeit. Dazu kamen endlich einzelne glückliche Zufälle, wie namentlich die Entdeckung der sogenannten persönlichen Gleichung seitens der Astronomen, die zu einer ganzen Klasse von psychologischen Experimentaluntersuchungen Veranlassung gegeben hat. Mit Hilfe der neu erschlossenen Erkenntnismittel ist die Psychologie in eine völlig neue Phase ihrer Entwickelung getreten: die Art und Weise, ihre Einzelprobleme anzufassen und zur Lösung zu bringen, ist fast auf allen ihren Gebieten und bei fast allen Vertretern eine ganz andere und vollkommenere geworden als vor etwa einem Menschenalter.

Bei der Bedeutung des Experiments für diesen Fortschritt ist es kaum nötig länger zu verweilen. Der Experimentator begnügt sich nicht mit dem einfachen Hinnehmen der Beobachtungen, die der Lauf der Dinge ihm zufällig gestattet. Er sucht die für ein Erlebnis maßgebenden Bedingungen in seine Gewalt zu bekommen und ruft es dann willkürlich, aber nach einem bestimmten Plane hervor: er läßt sich von der Natur belehren, „aber nicht in der Qualität eines Schülers, der sich alles vorsagen läßt was der Lehrer will, sondern eines bestallten Richters, der die Zeugen nötigt, auf die Fragen zu antworten, die er ihnen vorlegt.“ (Kant). Durch Wiederholung und Häufung solcher Beobachtungen vermag er dann die Unsicherheit zu verringern, die der einzelnen, namentlich bei psychischen Dingen, durchweg anhaftet. Durch Veränderung einer einzelnen Bedingung unter Festhaltung aller übrigen gewinnt er Einblick in den gesetzmäßigen Zusammenhang der Erscheinungen und lernt die verschiedene Bedeutung der Einzelumstände würdigen. Durch die Heranziehung verschiedener Personen zu seinen Versuchen erhebt er sich schnell über die individuelle Beschränktheit seiner Beobachtungen. Und endlich gewährt er anderen die Möglichkeit, durch Wiederholung und Kontrolle seiner Experimente auch die Irrtümer zu überwinden, die durch besondere Anlagen, Erfahrungen, Vermutungen des Beobachters und Versuchsleiters selbst bedingt sind. Wie sich die Ausführung psycho-

logischer Experimente im einzelnen gestaltet, wird weiterhin oft genug zu beschreiben Gelegenheit sein.

Etwas eingehender sei die Möglichkeit und das Wesen des Messens in der Psychologie erörtert. Zwar unzählige psychologische Beobachtungen, auch experimenteller Art, haben der Natur der Sache nach mit Messungen nichts zu tun. Feststellungen des Vorhandenseins oder Nichtvorhandenseins bestimmter Gebilde, Beschreibungen einer Aufeinanderfolge, Analysen des Verwickelten, Bestimmungen der qualitativen Eigenart des Einfachen u. a. lassen sich auch bei vollkommenster Genauigkeit nicht durch Zahlen geben. Aber soweit die Dinge eine quantitative Seite oder quantitative Beziehungen haben, ist es von der größten Wichtigkeit, diese auch durch Messungen oder Zählungen genau auszudrücken. Acht Minuten Unterschied zwischen den beobachteten und berechneten Marsörtern haben die ganze Astronomie reformiert; einige tausendstel Gramm Gewichtsdifferenz bei verschiedenen Darstellungen des Stickstoffs haben den Anstoß gegeben zu den jüngsten Entdeckungen neuer chemischer Elemente. Und nun haben sich auch nach der tatsächlichen Ausführung verschiedenartiger psychologischer Messungen noch vielfach Zweifel erhoben über ihre Möglichkeit oder doch über den eigentlichen Sinn der neuen Verfahrungsweisen, die noch nicht völlig überwunden sind.

Messen heißt überall, eine gegebene Größe mit einer irgendwie festgesetzten Einheit vergleichen und dann abzählen, wie oft diese Einheit in ihr enthalten ist. Damit die Messungsresultate ferner nicht bloß einmalige, sondern allgemeine Bedeutung haben, muß es möglich sein, die benutzte Einheit aufzubewahren oder doch jederzeit möglichst genau wiederherzustellen. Wie soll das alles bei dem Psychischen verwirklicht werden? Wie will man einen Einheitsgrad etwa des Zornes oder der Aufmerksamkeit oder auch nur einer Empfindungsstärke sicher und unzweideutig fixieren? Und wenn man es könnte, wie will man solchen Maßen in dem unablässigen Fluß des seelischen Lebens Beständigkeit oder auch nur leichte Reproduzierbarkeit sichern? Wenn aber endlich auch das möglich wäre, wie soll man es anfangen, die gewählte Maßeinheit an andere gleichartige Zustände anzulegen und zu bestimmen, das Wievielfache sie von ihr enthalten? Rechts am Himmel sehe ich die niedergehende Sonne, links den aufsteigenden Mond. Ich weiß, physikalisch ist jene einige 100 000 mal heller als dieser, d. h. ich muß die Helligkeit von beinahe einer Million Monden auf denselben Raum zusammenbringen, den jetzt ein einziger einnimmt, um die Helligkeit der Sonne herauszubekommen. Aber wenn ich hiervon gänzlich absehe und bloß meine unmittelbaren Empfindungen zu Rate ziehe, das Wievielfache der einen Empfindung ist

die andere? Ich bin offenbar völlig ratlos; ich könnte ebensogut sagen das 10fache wie das 100- oder 1000fache und würde am liebsten vielleicht gar nichts sagen. Ich habe hier eine viel stärkere Helligkeitsempfindung als dort, aber die eine in der anderen ausmessen, nicht physikalisch mit photometrischen Apparaten, sondern psychologisch durch bloßen Appell an meine Empfindungen, ich verstehe nicht recht, wie ich das machen soll.

Merkwürdigerweise existiert die Antwort auf alle diese Fragen schon seit vielen Jahrhunderten. Nicht allerdings in formulierten Worten, aber durch die tatsächliche Ausführung einer allgemein bekannten und von zahlreichen Generationen immer wieder gebilligten Empfindungsausmessung, die nur (bis auf Fechner) nicht als solche anerkannt und bezeichnet worden ist. Die Astronomen teilen, wie man weiß, von alters her die Sterne nach ihrer Helligkeit in Größenklassen. Die Zuweisung der einzelnen Sterne in eine bestimmte Klasse wird etwas erschwert durch verschiedene Umstände, z. B. durch verschiedenartige Nachbarschaft der Sterne, durch die relativ großen Verschiedenheiten der zur ersten Klasse gerechneten Individuen, bei teleskopischen Sternen auch durch die Stärke der Vergrößerung. Dennoch ist die Sicherheit der Schätzungen so groß, daß bei den mit bloßem Auge sichtbaren Sternen (d. h. etwa der 1. bis 6. Klasse im allgemeinen noch die Zehntel der Einheit übereinstimmend beziffert werden.

Der Sinn dieser Einteilung ist bekannt. Die den einzelnen Größenklassen zugehörigen Sterne sind so ausgewählt, daß die Helligkeitsabstufung zwischen zwei benachbarten Klassen stets den gleichen Eindruck macht. Die Astronomen sagen also gleichsam: wenn man die Sterne 1. und 2. Größe untereinander und dann mit denen 2. und 3., oder auch mit denen 4. und 5., 5. und 6. Größe vergleicht, so bemerkt man natürlich, daß die höher bezifferten Gruppen absolut genommen lichtschwächer werden; ganz unabhängig hiervon aber empfindet man auch noch, daß die Helligkeitsabstände oder Helligkeitsstufen für jede Einzelgruppe überall dieselbe Größe haben. Von einer physikalischen Bestimmung der Sternhelligkeiten enthält diese Einteilung durchaus nichts. Sie ist zudem bereits rund 2000 Jahre alt, während die Versuche photometrischer Helligkeitsbestimmungen der Sterne erst aus dem 18. Jahrhundert datieren. Jene Klassifizierung beruht vielmehr allein auf der unmittelbaren Empfindung; sie enthält also zweifellos eine numerische Bestimmung für das jedermann ohne weiteres zugängliche subjektive Erlebnis.

Ihre Bedeutung in dieser Hinsicht wird verständlicher werden, wenn man die Sache etwas anders formuliert. Sterne 4. und 5. Größe

verglichen miteinander machen den Eindruck einer gleich großen Helligkeitsabstufung wie Sterne 5. und 6. Größe, das heißt offenbar ebensoviel wie: Sterne 4. und 6. Größe verglichen miteinander machen den Eindruck einer doppelt so großen Helligkeitsstufe, eines doppelt so großen Helligkeitssprunges wie Sterne 4. und 5. oder Sterne 5. und 6. Größe. Oder auch: die Helligkeitsstufe 4 bis 6 verglichen mit 4 bis 5 (oder 5 bis 6) als willkürlicher Einheit hat den Zahlenwert 2. Entsprechend ist der Helligkeitsdistanz 3 bis 6 der Zahlenwert 3, der Distanz 1 bis 6 der Wert 5 zuzuschreiben. Kurz, die Größenschätzung der Astronomen teilt den ganzen Helligkeitsbereich von den hellsten bis zu den dunkelsten der mit bloßem Auge sichtbaren Sterne in 5 gleiche Teile, sie mißt ihn aus in einer gewissen Einheit und sagt: verglichen mit dieser hat er die Größe 5. Daß man die lichtschwächsten Sterne gerade als solche der 6. Klasse bezeichnete, ist natürlich zufällig; es hat irgendwelche zahlenmystische Gründe. Hierin liegt das Willkürliche und Konventionelle, das jeder Ausmessung bei der Festsetzung ihres Maßes anhaftet. Sonst sagt man: ich betrachte dies oder das, ein Meter oder eine Meile, als meine Einheit, dann ist ein bestimmtes Ganzes ein Soundsovielfaches. Hier sagt man gleichsam: ich betrachte ein gegebenes Ganzes (nämlich den Helligkeitsabfall von den hellsten bis zu den dunkelsten Sternen) als ein Fünffaches, dann folgt, daß meine Einheit so und so groß zu setzen ist, nämlich gleich der Abstufung einer Größenklasse.

Bringt man das in dem konkreten Verfahren der Astronomen enthaltene Tun auf allgemeine Begriffe, so hat man die Antworten auf die eben (S. 71) aufgeworfenen Fragen wegen des psychischen Messens. Sie mögen in besonderer Zuspitzung auf die Empfindungsmessung formuliert werden.

Was ist ein psychisches Empfindungsmaß? Eine unmittelbar empfundene Stufe oder Distanz zwischen zwei gleichartigen und in irgend einer Beziehung miteinander verglichenen Empfindungen. Wie kann man ein Empfindungsmaß aufbewahren und dadurch Empfindungsmessungen verschiedener Orte und Zeiten miteinander vergleichbar machen? Indem man die zur Hervorrufung der beiden Empfindungen geeigneten objektiven Reize aufbewahrt, oder sie so auswählt, daß sie leicht reproduziert werden können. Was heißt das endlich, ein irgendwie definiertes Empfindungsmaß an andere Empfindungsgrößen anlegen und sie in ihm ausmessen? Eine Empfindungsgröße ist allemal, ganz wie die zur Messung dienende Einheit, ein von zwei Empfindungen begrenztes Intervall, eine Stufe von einem gewissen Umfang. Um nun zu bestimmen, wie oft eine gewisse Einheit in einer anderen Empfindungsgröße enthalten ist, muß man innerhalb

dieser Größe eine Reihe von aneinander schließenden Teilstufen herstellen, die sämtlich der gegebenen Einheit für den unmittelbaren Eindruck gleich erscheinen, und einfach abzählen, wie viele solcher Teilstufen möglich sind.

Blicken wir zurück auf die oben dem psychischen Messen entgegengehaltenen und anscheinend so plausibeln Schwierigkeiten, so erkennen wir jetzt, worin sie wurzeln. In einer unrichtigen Vorstellung von dem, was allein verständigerweise als psychische Größe betrachtet werden kann. Nicht ein einzelnes psychisches Gebilde (wie z. B. die einzelne Helligkeit, Farbe, Tonhöhe, Tonstärke, Temperaturempfindung oder der einzelne Affekt usw.) hat Größe, sondern immer nur der zwischen zwei gleichartigen Gebilden bestehende und unmittelbar zum Bewußtsein kommende Abstand, die von ihnen gebildete Stufe, der Grad ihres Abstechens gegeneinander oder wie man sich ausdrücken will. Demgemäß hat es auch keinen Sinn, ein psychisches Einzelgebilde mit einem anderen zu vergleichen und ein numerisches Verhältnis zwischen den beiden ermitteln zu wollen. Sie haben keins. Nur wenn man Dinge vergleicht, die beide an sich schon Größe haben, kann man zu einer Zahlbestimmung gelangen. Zwei Helligkeits- oder andere Empfindungen aber bilden zusammen erst eine einzige Größe, nämlich eine gewisse Stufe, und von einem Messen kann erst die Rede sein, wenn noch eine andere, wieder von zwei Empfindungen begrenzte Stufe zur Vergleichung hinzukommt. Zu einer psychischen Messung gehören mithin wenigstens drei gleichartige Elemente, a, b und c, und die Messung besteht in der Untersuchung, wie sich die von den dreien gebildeten beiden Stufen a/b und a/c numerisch zueinander verhalten.

Wunderbar genug, daß eine im Grunde so einfache Sache so lange Zeit gebrauchte, um erkannt zu werden, und selbst jetzt noch, wo sie längst erkannt und richtig ausgesprochen ist, immer noch zu kämpfen hat, um anerkannt zu werden. Orientiert man sich an dem Prototyp alles Messens, an der räumlichen Messung, so sieht man, daß sich hier alles vollkommen analog verhält. Die letzten Elemente, die wir abstrahierend in dem Räumlichen unterscheiden können, nämlich die einzelnen Orte oder Punkte, haben keine Größe und also auch, verglichen miteinander, keine numerischen Beziehungen. Verschiedene Orte liegen oben oder unten, fern oder nah, aber sie sind nicht ein Zwei- oder Dreifaches voneinander. Man versteht gar nicht, was das heißen könnte, solange man sie an und für sich beurteilt und sich von Nebengedanken freihält. Größe und damit Meßbarkeit gewinnt das Räumliche erst, wenn man einen zwischen zwei Orten bestehenden Abstand, eine räumliche Distanz, in Betracht zieht und

diese mit irgendeiner anderen Distanz zweier Orte vergleicht. Und ganz wie bei einer Empfindungsmessung überhaupt gehören auch zu einer räumlichen Messung mindestens drei Elemente, weil erst hierdurch zwei voneinander unabhängige Distanzen bestimmt werden.

Selbstverständlich soll damit nicht irgendwie geleugnet werden, daß zwischen räumlichen Messungen und denen anderer seelischer Gebilde die erheblichsten Unterschiede bestehen. Aber diese betreffen nicht das Prinzip der Sache, sondern Nebenumstände, wenn sie auch praktisch von noch so großer Bedeutung sind. Räumliche Distanzen lassen sich ohne Änderung ihrer Größe verschieben und aufeinander legen; dadurch gewinnt die Beurteilung ihrer Gleichheit und die Ausmessung einer Distanz durch eine andere eine besondere Leichtigkeit und Genauigkeit. Bei anderen Empfindungsgebieten fehlt etwas dieser Möglichkeit Entsprechendes; die Größenvergleichung ist daher hier von vornherein schwieriger und erheblich ungenauer. Räumliche Messungen ferner sind im praktischen Leben etwas besonders Wichtiges und häufig Vorkommendes. Sie werden von jedermann, auch ohne Unterstützung durch das Aufeinanderlegen, bloß mit Hilfe des Augenmaßes, täglich geübt und sind daher jedem höchst geläufig. Andere Empfindungsmessungen dagegen spielen im täglichen Leben eine geringere, vielfach gar keine Rolle. Wer durch seinen Beruf auf einem bestimmten Gebiet mit ihnen zu schaffen hat, erwirbt sich allerdings hier für sie eine ähnliche Fertigkeit und Sicherheit, wie der gewöhnliche Mensch bei räumlichen Schätzungen mittels des Augenmaßes. So z. B. der Musiker in der Abschätzung von Tonstärkestufen, den sogenannten dynamischen Schattierungen, der Maler oder Dekorateur in der Beurteilung von Helligkeits- oder Farbenstufen. Aber eine allseitige Übung besitzt niemand, die große Mehrzahl der Menschen bleibt vielmehr überall ungeübt, und Empfindungsmessungen sind daher bei ihnen nicht nur wegen der objektiven Unmöglichkeit des Aufeinanderlegens, sondern noch einmal wegen der subjektiven Ungeübtheit schwieriger und erheblich ungenauer als räumliche Messungen.

Allerdings ist nun ein solches direktes und eigentliches Messen psychischer Erlebnisse an die Möglichkeit gebunden, bei ihnen Stufen irgendwelcher Größe abzuteilen und mehrere von diesen rein nach dem subjektiven Eindruck als gleich oder ungleich zu beurteilen. Diese Möglichkeit ist jedenfalls begrenzt. Sie ist zweifellos vorhanden auf fast allen Empfindungsgebieten; ob und wie weit sie etwa darüber hinausgeht, ist fraglich. Allein damit fehlt dann noch keineswegs jede Möglichkeit, dem Seelenleben mit numerischen Bestimmungen beizukommen und seine Gebilde in Zahlen einzufangen. Wir besitzen

dazu vielmehr noch eine andere Handhabe in einer geistigen Fähigkeit, die viel weiter geht als die Fähigkeit der Stufenbeurteilung, und können durch geeignete Verbindung dieser Handhabe mit einer Messung äußerer Vorgänge zu Verfahrungsweisen gelangen, die ich als *indirekte psychische Messungen* bezeichnen will.

Das geistige Leben — gleichgültig hier, wie das wahre Verhältnis ist — geht anscheinend hervor aus äußeren Ursachen und entladet sich schließlich wieder in äußeren Bewegungen. Nun sind einerseits die außerhalb des Körpers fallenden Anfangs- und Endglieder dieser Verkettungen in der Regel hinsichtlich zahlreicher ihrer Eigenschaften mit großer Schärfe meßbar: man kann den Moment bestimmen, in dem sie auftreten oder verschwinden, die Zeit, welche sie andauern oder unterbrochen sind, die Stärke der verschiedenen Energieentfaltungen, die dabei stattfinden, ihre räumliche Ausbreitung u. a.; auch kann man sich darauf beschränken, das Äußere nach gewissen Gesichtspunkten einfach abzuzählen. Andererseits besitzen wir in weitem Umfange die Fähigkeit, mit mehr oder weniger Schärfe zu beurteilen, ob die geistigen Vorgänge, die populär als Wirkungen oder Ursachen der äußeren bezeichnet werden, rein als einzelne Gebilde und ohne jede Abgrenzung von Stufen, einander in einer beliebigen Beziehung gleich sind oder nicht. Wir können, und zwar viel leichter als über Gleichheit von Stufen, Aussagen einfach darüber abgeben, ob zwei von äußeren Ursachen in uns hervorgerufene Eindrücke in irgend einer Hinsicht gleich sind oder ungleich. Und wir können umgekehrt, in bezug auf die von uns selbst hervorgerufenen äußeren Wirkungen, wieder nach verschiedenen Richtungen hin gleiche Absichten festhalten und gleiche Effekte hervorbringen wollen. Zu einer Messung bloß auf dem Boden des Psychischen ist diese Fähigkeit der Beurteilung und Festhaltung von Gleichheit je zweier Elemente, die sozusagen Orte aber keine Distanzen sind, nicht genügend. Allein durch eine Verknüpfung mit der Messung äußerer Vorgänge können wir ihr gleichwohl numerisch präzisierte Antworten auf eine unübersehbare Fülle von psychologisch bedeutenden Fragen abgewinnen. In ihrer einfachsten Form lassen sich diese Fragen auf folgende beiden Typen zurückführen:

a) Wenn verschiedene äußere Reize je unter verschiedenen Umständen auf die Seele einwirken, welche Verschiedenheit dieser Reize und Umstände bewirkt dennoch den gleichen psychischen Effekt?

b) Wenn gleiche Eindrücke auf die Seele einwirken und sie veranlaßt wird, diese stets mit Festhaltung einer gleichen Absicht durch äußere Bewegungen zu beantworten, welche Verschiedenheit dieser

Bewegungen ergibt sich gleichwohl, wenn sich die gleiche Intention unter verschiedenen äußeren Umständen zu betätigen hat?

Zunächst ein paar Beispiele zur Erläuterung. Zu a). Wenn man zwei Stückchen desselben Grau auf einen weißen und einen schwarzen Grund legt, sehen sie sehr verschieden aus. Um wieviel, kann man nicht ohne weiteres sagen. Aber man kann zwei objektiv verschieden helle Grau nehmen und diese so auswählen, daß sie auf jenen verschiedenen Unterlagen gerade gleich aussehen. Man ermittelt so numerisch, eine wie große objektive Helligkeitsdifferenz bei einer bestimmten Verschiedenheit der umgebenden Umstände durch eine eigenartige Funktion der Seele, das Kontrastsehen, gewissermaßen aufgehoben wird. Oder: wenn man ein mäßig schweres Gewicht eine Weile gehoben hält, wird es zunehmend leichter. Um wieviel es in einer gegebenen Zeit abnimmt, kann man wieder nicht unmittelbar sagen. Aber man kann unter einer Anzahl leichterer Gewichte mit Hilfe der anderen Hand eins ausfindig machen, welches dem zuerst gehobenen nach einer bestimmten Zeit gerade gleich erscheint und so eine den Vorgang charakterisierende Zahl gewinnen.

Zu b). Man kann jemandem die Aufgabe stellen, auf einen bestimmten Eindruck mit möglichster Schnelligkeit oder mit einer möglichst gleichstarken Bewegung zu reagieren. Variiert man die Umstände, unter denen diese gleichen Absichten zur Verwirklichung gelangen, so fallen die Resultate äußerst verschieden aus, und diese Verschiedenheit sowohl wie diejenige der begleitenden Umstände kann man messend fixieren. Oder: jedermann kann Volkslieder, Märsche u. dgl. so reproduzieren, daß das Tempo nach seinem Dafürhalten allemal ein gleiches ist. Tatsächlich erreicht er dies unter gewissen Umständen, unter anderen niemals; am Morgen z. B. sind die Reproduktionen in der Regel langsamer als am Abend. Die meßbare Verschiedenheit dieser Schnelligkeiten lehrt wieder etwas über eine eigenartige Funktionsweise der Seele.

Übrigens sind die durch jene beiden Typen der Fragestellung charakterisierten Fälle nichts scharf voneinander Geschiedenes, sondern haben eine gewisse Gemeinschaft. Bei jeder Hervorbringung gleicher seelischer Wirkungen z. B. durch ungleiche Ursachen, die unter ungleichen Umständen auftreten, ist im allgemeinen auch eine gewisse Gleichheit der Absichten erforderlich; man muß bestrebt sein, sich den Einwirkungen gegenüber äußerlich und innerlich gleich zu verhalten. Und andrerseits kann man die verschiedenen Umstände, unter denen gleiche Reaktionen auf gleiche Eindrücke erfolgen, natürlich auch als eine gewisse Verschiedenheit der Eindrücke auffassen. Und so erscheinen denn in zahlreichen Fällen die beiden Frage-

stellungen direkt in eine zusammengezogen: welche Verschiedenheit der Wirkungen wird durch gewisse Verschiedenheiten in der Kombination der Ursachen hervorgebracht, wenn dabei stets eine bestimmte gleiche Empfänglichkeit für die äußeren Reize und eine bestimmte gleiche Absicht für die Reaktionen vorhanden ist? Zum Beispiel: man läßt auf verschiedene Eindrücke (optische, akustische, starke, schwache) reagieren und mißt die verschiedene Länge der gebrauchten Zeiten oder die verschiedene Stärke der hervorgebrachten Bewegungen u. dgl. Oder man läßt verschiedene Stoffe so aufmerksam als möglich auswendig lernen, bis sie gerade fehlerfrei hergesagt werden können, und zählt jedesmal ab, wie viele Wiederholungen dazu erforderlich sind.

Man kann solche Fragen selbst da noch stellen, wo eine direkte (oder doch bloß sprachlich vermittelte) Konstatierung der erforderlichen psychischen Gleichheit gar nicht möglich ist, z B. bei Kindern und Tieren, wofern man nur wenigstens voraussetzen darf, daß das gemessene oder abgezählte Äußere durch gleiche psychische Mittelglieder verbunden ist. Setzt man bestimmte Tiere der Einwirkung eines Spektrums aus, so sammeln sie sich in den verschiedenen Farben mit verschiedener Häufigkeit. Zählt man ab, wie viele Tiere in jeder Gegend auf gleichem Raume vorhanden sind, so gewinnt man ein numerisches Element, das Rückschlüssen auf die Farbenpsychologie dieser Tiere eine bestimmte Unterlage gewährt. Stillschweigende Voraussetzungen sind dabei, erstens daß die Tiere nicht rein reflektorisch reagieren, sondern ein dem unsrigen ähnliches Seelenleben besitzen, zweitens daß sie von dem Licht einer bestimmten Wellenlänge alle ungefähr in gleicher Weise affiziert werden, und drittens daß sie alle das Angenehme je nach dem Grade seiner Annehmlichkeit verschieden stark suchen und das Unangenehme entsprechend meiden.

Die Verschiedenartigkeit der gewählten Beispiele hat wohl schon erkennen lassen, wie ungemein zahlreiche und mannigfache (übrigens auch schon vielfach in Angriff genommene) Untersuchungen nach den hier erläuterten Prinzipien möglich sind. Alle Arbeiten über Reaktionszeiten, Farbengleichungen, Kontrast, Auswendiglernen, Umfang des Bewußtseins, geistige Ermüdung usw. soweit sie numerisch fixierte Resultate liefern, gehören in diese Kategorie der indirekten psychischen Messungen. Sie messen oder zählen an den äußeren Vorgängen solche Konstellationen, die durch Hervorrufung einer gleichartigen psychischen Wirkung oder durch ein dabei bestehendes gleichartiges Wollen für das Seelenleben eine bestimmt charakterisierte Bedeutung besitzen.

Man könnte fragen: sind denn derartige Messungen nicht richtiger als bloß physische zu bezeichnen, da sie ja doch zugestandenermaßen lediglich an äußeren Dingen und nicht an dem Psychischen selbst

geschehen? Ich antworte mit einer Gegenfrage: was treibt der Physiker, wenn er Wärmegrade mit dem Thermometer oder elektrische Stromstärken mit der Tangentenbussole bestimmt, lineare und Winkelmessungen oder Temperatur- und Elektrizitätsmessungen? Offenbar beides, eines durch das andere. Lineare und Winkelgrößen liest er ab und benutzt sie zu Feststellungen über Temperaturen und Elektrizitäten. Aber wenn man einmal das im Grunde Zusammengehörige durchaus sondern will, so muß man doch sagen, daß der eigentliche Sinn seines Tuns in dieser Verwendung der Zahlen liegt und nicht in der Art ihrer Gewinnung, nach der man ja auch niemals sein Verfahren bezeichnet. Ganz ähnlich in unserem Falle der Psychologe. Er liest freilich ab an äußeren Instrumenten, aber doch nur dann, wenn ihm die Seele gleichsam sagt, daß es jetzt Zeit dazu sei, und nur deshalb, weil sie so mitspricht. Die Gleichheit der seelischen Eindrücke und des seelischen Wollens in irgendwelcher Hinsicht ist, wie immerfort hervorgehoben wurde, der eigentliche Nerv und der Angelpunkt seines ganzen Tuns. Losgelöst hiervon ist es vollkommen sinnlos. Denn über die Verhältnisse der Außenwelt kann er doch wahrhaftig nicht beabsichtigen, mit seinen Messungen von Größen, die ihr allerdings angehören, etwas zu erfahren! Die Messungen von Reaktionszeiten, Bestimmungen von Farbengleichungen usw. sind also freilich nicht psychische Messungen im eigentlichen und vollen Sinne — deshalb sind sie ja eben hier von diesen geschieden — aber sie sind Messungen, die wegen einer bestimmt angebbaren Beziehung eine psychologische Bedeutung und nur eine solche besitzen und sind ähnlich aufzufassen wie Elektrizitätsbestimmungen mit Hilfe eines Galvanometers.

Vielleicht bestreitet man die Richtigkeit derartiger Vergleiche und wendet ein, der Physiker könne freilich durch eine Winkelablesung Elektrizitätsbestimmungen machen, weil er das Gesetz kenne, welches die Ausschläge der Magnetnadel mit den Stromstärken verbinde und dadurch diese aus jenen ohne weiteres berechnen könne. Der Psychologe dagegen sei nicht in gleicher Weise imstande, die abgelesenen äußeren Größen rückwärts in psychische zu übersetzen. Indes für das, was der Vergleich hier sagen sollte, ist jene weitergehende Kenntnis des Physikers unerheblich. Er kommt mit ihrer Hilfe allerdings weiter als ohne sie, allein auch wenn er gar nicht wüßte, welche Beziehung zwischen den Nadelausschlägen und den Stromstärken besteht und bloß Gleichheit und Ungleichheit der Ausschläge konstatieren könnte, wäre das Galvanometer für seine elektrischen Untersuchungen noch kein wertloses Instrument. Bei den gewöhnlichen Galvanoskopen kennt er jene Beziehung ja in der Tat nicht und braucht die Instrumente doch. Er kann — darin besteht der Unterschied — dort wo ihm das Gesetz der Nadelablenkungen bekannt ist, schon jede einzelne Ablesung verwerten, indem er sie auf Stromstärken reduziert, und dadurch verschiedene Ablesungen ganz verschiedener Instrumente zueinander in Beziehung setzen. Wo er es dagegen

nicht kennt, kann er immer nur aus einer Vergleichung mehrerer Ablesungen, die an demselben Instrument vorgenommen sind, etwas erschließen. Aber in dieser Beschränkung vermag er die wesentlichsten Dinge festzustellen: daß die Stromstärke in jedem Teil eines Stromkreises gleich ist, daß sie ungeändert bleibt, wenn der Quotient aus den elektromotorischen Kräften und den Widerständen ungeändert bleibt usf. Einem solchen Physiker also mit relativ beschränkten Hilfsmitteln gleicht der Psychologe bei seinen indirekten Messungen.

Außerdem aber, wer darf denn behaupten, daß dem Psychologen die Kenntnis der zwischen den äußeren und inneren Vorgängen bestehenden Gesetzmäßigkeiten überall und dauernd verschlossen bleiben werde? Für verschiedene Empfindungsgebiete ist sie, wie wir sehen werden (§ 45), eben vermöge der Möglichkeit, hier auch direkte Messungen vorzunehmen, wenigstens annähernd bekannt. Noch einige Vervollkommnung dieses Wissens und es besteht für jene Gebiete gar kein Unterschied mehr zwischen indirekten physikalischen und indirekten psychologischen Messungen. Man kann dann ohne weiteres von einzelnen abgelesenen Reizgrößen zurückschließen auf die zugehörigen Empfindungsgrößen.

3. Psychophysische Methoden.[1] Wie sich die allgemeinen Prinzipien des psychologischen Experimentierens und Messens in ihrer Anwendung auf die verschiedenen besonderen Betätigungen der Seele zu bestimmten Methoden gestalten, wird bei der Darstellung des Einzelnen gezeigt werden. Nur die Besprechung einer Gruppe von Methoden sei hier gleich angeschlossen, die ohnedies weiterhin zuerst an die Reihe kommen müßten und an die sich das besondere Interesse knüpft, daß sie historisch die ältesten sind und zugleich infolge ihrer überaus häufigen Anwendung auch die beste Ausbildung und kritische Durchbildung erfahren haben. Das sind die sogenannten *psychophysischen Methoden.* Sie beziehen sich, wie der Name andeutet, auf die Untersuchung der Abhängigkeit zwischen unseren Empfindungen und den sie hervorrufenden äußeren Reizen und sind zunächst auf die Beantwortung der folgenden beiden allgemeinen Fragen gerichtet. Erstens: Welche objektiven Reize sind erforderlich, um bei Einwirkung unter verschiedenen äußeren Bedingungen (des Raumes, der Zeit, der Umgebung, der Störung durch besondere Einflüsse usw.) den Eindruck von in irgend einer Hinsicht gleichen Empfindungen hervorzubringen? Zweitens: Welche objektiven Reizpaare sind erforderlich, um bei Einwirkung unter verschiedenen äußeren Bedingungen den Eindruck von in irgend

[1] G. Th. Fechner, Elemente der Psychophysik. Bd. I No. VIII. 1860. G. E. Müller, Zur Grundlegung der Psychophysik. Abschn. I. 1878. Wundt, Physiol. Psychologie[5]. Bd. I S. 466. Külpe, Grundriß der Psychologie § 6—8. Foucault, La Psychophysique. S. 325 ff. 1901. — Eingehendste und reichste Darstellung (die allerdings schon eine gewisse Bekanntschaft mit dem Gegenstande voraussetzt) zugleich mit vollständiger Literaturangabe von G. E. Müller, Die Gesichtspunkte und die Tatsachen der psychophysischen Methodik. 1904 (Aus: Ergebnisse der Physiologie. 2. Jahrg. 2. Abt.).

einer Hinsicht gleichen Empfindungsstufen (kleineren oder größeren Umfangs) hervorzubringen? Die Bestimmung also von äquivalent erscheinenden Reizen oder äquivalent erscheinenden Reizpaaren ist ihr Ziel, an dessen Verfolgung sich dann freilich viele andere Fragen über die Natur der dabei ins Spiel tretenden psychischen Vorgänge angeschlossen haben. Ursprünglich nun sind zur Erreichung jenes Ziels von verschiedenen Personen und im Anschluß an die Eigenart verschiedener Empfindungsgebiete vier verschiedene Verfahrungsweisen ausgebildet worden, die etwas pedantisch genaue Namen erhielten und lange Zeit hindurch einfach als gleichartig nebeneinander gestellt wurden.

a) *Methode der ebenmerklichen Unterschiede.* Ihr Wesen besteht darin, in den verschiedenen Gegenden eines Empfindungsgebietes zu einer beliebig gewählten Reizgröße eine andere zu bestimmen, die nur gerade eben noch von jener unterschieden werden kann. Sie ist also auf die Ermittelung der Beziehungen zwischen den kleinsten noch wahrnehmbaren Empfindungsstufen und den zugehörigen Reizpaaren gerichtet. Die Differenz zweier solcher ebenmerklich verschiedener Reize bezeichnet man als *Unterschiedsschwelle* (und zwar als obere oder untere Unterschiedsschwelle, je nachdem sie auf den schwächeren oder stärkeren der beiden Reize bezogen wird).

Wie man schon aus dem täglichen Leben weiß, ist die Bestimmung einer ebenmerklichen Verschiedenheit keine ganz leichte und einfache Sache, und eben darum bedarf es zu solchen Feststellungen der Ausbildung einer besonderen Methode. Man zweifelt oft genug bei ein und demselben Reizpaar, ob man noch einen schwachen Unterschied bemerkt oder nicht, oder auch, ob ein bemerkter Unterschied schon an der Grenze des Wahrnehmbaren stehe oder vielleicht noch verringert werden könne, und man wird je nachdem die für ebenmerklich verschieden erklärten Reize bald so, bald anders wählen. Die gesuchten Reizgrößen können daher nie aus einigen Einzelbestimmungen, sondern immer nur als Durchschnittswerte aus sehr häufig wiederholten Beobachtungen ermittelt werden. Hierbei ist natürlich ein bestimmtes und stets gleiches Verfahren innezuhalten, und dafür bieten sich verschiedene Möglichkeiten. Man kann z. B. den ebenmerklichen Unterschied nach einigem Herumprobieren sofort möglichst vollkommen zu treffen suchen; indem man etwa eine von zwei Helligkeiten oder zwei Raumstrecken direkt so einstellt oder von einem anderen einstellen läßt, daß sie eben noch eine Spur gegen die andere differiert. Umständlicher, aber besser durch bestimmte Vorschriften zu beherrschen und daher in der Regel empfehlenswerter ist das folgende Verfahren. Man geht aus von einem Reize, der mit völliger Sicherheit als verschieden von dem anderen, z. B. als größer erkannt wird, verringert diesen allmählich und möglichst gleichmäßig so lange, bis der Unterschied zwischen den beiden Reizen eben verschwindet, und notiert diesen Wert. Dann wählt man den Vergleichsreiz so, daß er mit völliger Sicherheit nicht größer erscheint als der andere, vergrößert ihn allmählich und gleichmäßig, bis er eben und zum ersten Male als größer beurteilt wird, und bemerkt sich diesen Wert gleichfalls. Aus den nach mehrfachem Durchlaufen dieses Doppel-

weges erhaltenen Werten des eben unmerklichen und des eben merklichen Unterschiedes nimmt man dann das Mittel und hat in diesem die obere Unterschiedsschwelle des konstant gehaltenen Reizes. Durch ein ganz entsprechendes Verfahren nach der anderen Seite gewinnt man die untere Schwelle. Auf Empfindungsgebieten, wo die kontinuierliche Veränderung eines Reizes schwer oder gar nicht zu verwirklichen ist, z. B. bei Gewichten oder Geschmackseindrücken, tritt von selbst an deren Stelle eine Veränderung in kleinen Sprüngen.

b) *Methode der übermerklichen Unterschiede.* Im Prinzip bezweckt sie ganz Ähnliches wie die zuerst genannte Methode. Nur geschieht das, was dort für Empfindungsstufen von dem geringsten Grade der Merklichkeit getan wurde, hier für Stufen von beliebig größerer Merklichkeit: es werden in verschiedenen Gegenden eines Empfindungsgebietes solche Reizpaare aufgesucht, die subjektiv den Eindruck von stets gleichen Empfindungsstufen einer bestimmten, deutlich merkbaren Größe machen. Praktisch ergeben sich daraus manche Unterschiede zwischen den beiden Methoden. Erstens ist die Bestimmung der zu größeren Empfindungsstufen gehörigen Reizpaare durchweg sehr schwierig und unsicher, und zwar, wie es scheint, um so mehr, je größer die Stufen gewählt werden. Zweitens ist es bei ebenmerklichen Unterschieden nicht nötig, die einzelnen Empfindungsstufen nebeneinander herzustellen und miteinander zu vergleichen; sie werden alle unabhängig voneinander gleichsam gemessen an der genügend sicher festgehaltenen Idee der Ebenmerklichkeit. Bei übermerklichen Unterschieden dagegen wählt man zunächst ein beliebiges oder durch besondere Umstände gegebenes Reizpaar als Maß für die Stufengröße und bestimmt dann in stetem Vergleich mit diesem und auch in stetem Vergleich miteinander die übrigen Paare, die den Eindruck einer gleichen Empfindungsdistanz hervorrufen.

Für die Technik dieser Methode im einzelnen gilt wieder Ähnliches wie für die der ebenmerklichen Unterschiede. Man kann die gewünschten gleichen Empfindungsstufen entweder nach einigem Hin- und Hertasten direkt zu treffen suchen, was natürlich erst bei einiger Sicherheit des Urteils möglich sein wird. Oder man kann, abwechselnd von einer deutlich zu kleinen und einer deutlich zu großen Stufe ausgehend, diejenigen Reizwerte aufsuchen, bei denen die Ungleichheit nach unten und nach oben eben aufhört. merkbar zu sein und dann aus diesen Werten das Mittel nehmen.

Als Beispiel für die Methode mögen nochmal die Sternhelligkeiten herangezogen werden. Nachdem man die Sterne viele Jahrhunderte lang nach dem subjektiven Eindruck in Größenklassen eingeteilt hatte, bemühte man sich seit dem 18. Jahrhundert wiederholt, zu ermitteln, welche objektiven Helligkeiten den einzelnen Größen zugehören. Das heißt, man untersuchte (durch Vermittelung geeigneter irdischer Lichter), wie oft man z. B. die objektive Helligkeit eines Sternes 6. Größe zu sich selbst addieren müsse, um den Eindruck eines Sternes 5. Größe, wie oft, um den Eindruck von Sternen 4., 3. usw. Größe zu erzeugen. Aus diesen Untersuchungen hat sich mit ziemlicher Annäherung das einfache

Resultat ergeben, daß die Helligkeit eines Sterns irgend einer Größenklasse objektiv etwa $2^1/_2$ mal so groß ist wie die eines Sternes der nächst lichtschwächeren Klasse. Nimmt man nun auf der physikalischen Seite als Einheit die objektive Helligkeit eines Sterns 6. Größe, auf der psychologischen die Empfindungsstufe zwischen einem Stern 5. und 6. Größe (sodaß also die Stufe 4 bis 6 = 2, 3 bis 6 = 3 zu setzen ist), so gewinnt man durch Vereinigung der psychologischen und physikalischen Messungen folgendes Resultat: innerhalb eines gewissen Bereiches von Helligkeiten werden die Empfindungsgrößen 1, 2, 3 usw. hervorgebracht durch Steigerungen der Reizeinheit auf das $2^1/_2$-, $(2^1/_2)^2$-, $(2^1/_2)^3$ . . . fache, d. h. allgemein, durch sukzessive Steigerungen der Reizeinheit um stets gleiche Vielfache.

c) *Methode der mittleren Fehler.* Sie hat es nicht mit der Verschiedenheit, sondern vielmehr mit der Gleichheit von Eindrücken zu tun und ist auf die Ermittelung solcher Reize gerichtet, die trotz gewisser objektiver Verschiedenheiten subjektiv gleich erscheinende (wenn auch nur in einer bestimmten Hinsicht gleich erscheinende) Empfindungen hervorrufen. Das ist also die Beantwortung der ersten oben für die psychophysischen Methoden formulierten Frage. Das Verfahren der Methode besteht darin, daß man zu wiederholten Malen zwei objektive Reize, die zeitlich aufeinander folgen oder räumlich etwas voneinander getrennt sind oder sonst unter etwas verschiedenen Umständen auf die Seele einwirken, für die Empfindung möglichst gleich zu machen sucht. Ist die subjektive Gleichheit verwirklicht, so sind die Reize nicht auch objektiv einander gleich; der bei den Versuchen veränderte Reiz fällt in unregelmäßiger Weise bald etwas größer, bald etwas kleiner aus als der Normalreiz. Vereinigt man eine Mehrheit solcher Einstellungsresultate zu einem Mittelwert, so weicht dieser in der Regel von dem Normalreiz um einen gewissen kleinen Betrag nach oben oder nach unten ab (*konstanter Fehler*), der je nach den Versuchsumständen verschieden und daher für eben diese Umstände charakteristisch ist. Aber auch die Abweichungen der Einzelversuche voneinander sind von Bedeutung für die gesuchte psychophysische Beziehung. Sie sind anders bei größeren als bei kleineren Reizen, anders wenn die Vergleichung schwierig, als wenn sie leicht ist usw. Um sie kurz zu charakterisieren, vergleicht man die Einzelwerte sämtlich mit dem aus ihnen sich ergebenden Mittelwert und bildet von allen diesen Differenzen selbst wieder das arithmetische Mittel, den sogenannten *mittleren Fehler,* der der Methode den Namen gegeben hat (vielfach auch als *mittlere Variation* oder *durchschnittlicher Fehler* bezeichnet). Man hat in ihm eine kleine Größe, die anzeigt, um wieviel man sich bei der Herstellung einer gewissen objektiven Gleichheit durchschnittlich teils nach oben teils nach unten hin geirrt hat, und die also ein gewisses Maß abgibt für die Genauigkeit des Vergleichsverfahrens.

Diese Wahl des mittleren Fehlers zur Charakterisierung einer Mehrheit von Verwirklichungen subjektiver Gleichheit ist nicht etwas rein Beliebiges, sondern hat tiefere Gründe. Sie hängt zusammen mit der Gesetzmäßigkeit der Beobachtungsfehler. Bekanntlich fallen bei öfterer Wiederholung der gleichen astronomischen, physikalischen, geodätischen u. a. Messungen die einzelnen Resultate durchweg etwas verschieden voneinander aus, aber ihre Abweichungen von dem aus ihnen selbst berechneten Mittelwert sind gleichwohl nicht völlig regellos und unberechenbar, sondern zeigen eine bestimmte gesetzmäßige Gruppierung. Denkt man sich z. B. die Zeit eines Sterndurchgangs durch den Meridian oder die Länge einer Strecke auf der Erdoberfläche sehr häufig wiederholt bestimmt, und dann die sämtlichen zusammengehörigen Einzelwerte ihrer Größe nach räumlich angeordnet, so erhält man symmetrische glockenförmige Kurven von der Art der beiden in Fig. 1 dargestellten. Sie bedeuten, daß die Abweichungen der verschiedenen Einzelresultate ($+u$, $-w$) von dem zu ihnen gehörenden Mittelwert m

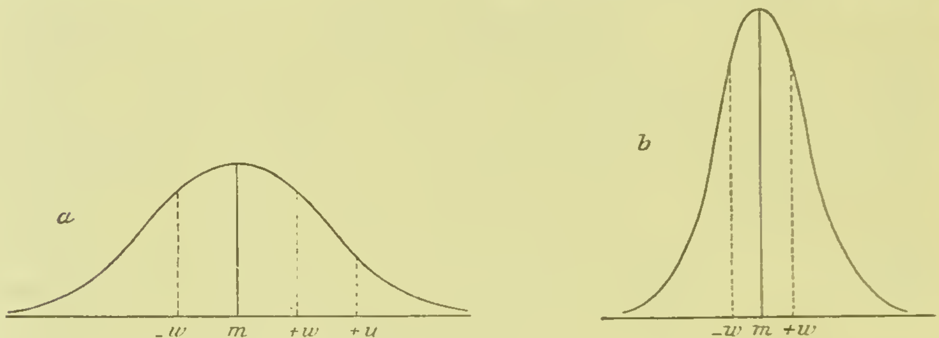


Fig. 1. Kurve des Gauß'schen Fehlergesetzes bei verschiedener Genauigkeit der Beobachtungen. Der von den Ordinaten $+w$ und $-w$ eingeschlossene Raum repräsentiert bei beiden Kurven die Hälfte aller Beobachtungen. Aber bei *a* liegen diese Ordinaten doppelt soweit auseinander als bei *b*.

relativ zueinander etwa so oft vorkommen, wie die in den Entfernungen u, w errichteten Ordinaten angeben. Was die verschiedene Erhebung der beiden Kurven für einen Sinn hat, liegt auf der Hand. Je höher die mittleren Ordinaten im Vergleich mit den entfernteren emporragen, desto seltener sind große Abweichungen von dem Mittelwert im Vergleich mit kleinen, desto dichter sind die Einzelwerte um ihren Mittelwert geschart, desto besser stimmen sie demnach miteinander überein. Die größere oder geringere Steilheit der Kurven mißt also die Größe der Streuung der Einzelwerte, d. h. die Genauigkeit der Beobachtungen.

Um nun aber für den nicht recht faßbaren Begriff der Steilheit verschiedener Fehlerkurven einen bestimmteren Ausdruck zu gewinnen, hat man aus gewissen Annahmen über das Zustandekommen der Beobachtungsfehler auch eine analytische Formel für ihre Verteilung abgeleitet, und das Resultat dieser Spekulationen hat sich bei vielfachen Vergleichungen mit tatsächlich angestellten Beobachtungen durchaus bewährt. Die Verteilung der Beobachtungsfehler wird mit großer Annäherung ausgedrückt durch das *Gaußsche Fehlergesetz*. Bedeutet x irgend eine Abweichung einer Einzelbeobachtung von ihrem Mittelwert, W_x die relative Häufigkeit des Vorkommens einer solchen Abweichung, so ist

$$W_x = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x^2},$$

worin π die bekannte Verhältniszahl der Kreisperipherie zum Durchmesser (3,14 . .) und e die Basis der natürlichen Logarithmen (2,72 . .) bedeutet. Nur h ist unbekannt: es bezeichnet eine von der besonderen Beschaffenheit der Beobachtungen abhängige Konstante; und in dieser Tatsache, daß das Bildungsgesetz der Fehlerkurve nur eine einzige Unbekannte enthält, daß also die besonderen Eigentümlichkeiten jeder konkreten Fehlerverteilung durch eine einzige Größe wiedergegeben werden, liegt hauptsächlich die Bedeutung der Formel. In dem Wert von h kommt nun eben die vorhin erwähnte verschiedene Genauigkeit der Beobachtungen zum Ausdruck. Je genauer und enger zusammengeschart sie sind, desto größer ist h; je ungenauer und zerstreuter, desto kleiner. Man hat in ihm also eine kurze, aber zutreffende Charakteristik der Güte der Beobachtungen, einen numerischen Ausdruck für ihre Präzision; h wird daher als *Präzisionsmaß oder Präzisionskonstante* bezeichnet.

Wie groß der Wert von h in jedem einzelnen Falle ist, muß aus den Beobachtungen selbst, für die man ihn zu kennen wünscht, berechnet werden. In den Lehrbüchern der Wahrscheinlichkeitsrechnung und Fehlertheorie findet man dafür Tabellen, deren Ableitung und Benutzung hier nicht weiter interessiert. Man kann aber statt dessen — und das ist in der Regel viel einfacher — auch andere Größen berechnen, die mit h in einfachen, durch die Theorie ermittelten und durch die Erfahrung vielfach bestätigten Beziehungen stehen. So z. B. den *wahrscheinlichen Fehler*, d. h. diejenige Abweichung von dem Mittelwert nach oben (oder nach unten), die gerade in der Mitte der übrigen liegt, also ebenso oft überschritten wie nicht erreicht wird ($+ w$ und $- w$ in Fig. 1). Oder eben den mittleren Fehler in dem vorhin angegebenen Sinne, d. h. den Durchschnittswert der Abweichungen aller Einzelbeobachtungen von ihrem eigenen Mittelwert. Er ist der Präzisionskonstanten umgekehrt proportional und hat also wie sie die Bedeutung, für Beobachtungen von dem Charakter physikalischer, astronomischer u. dergl. Messungen ein Genauigkeitsmaß zu bilden. Nun verhalten sich aber, wie wiederum vielfältige Erfahrungen gelehrt haben, die bei der wiederholten Herstellung von subjektiver Gleichheit zweier Reize gewonnenen Einzelwerte sehr annähernd wie wiederholte Messungen physikalischer Konstanten, und deshalb hat auch für sie dieser mittlere Fehler den Wert einer ihre ganze Verteilung zureichend charakterisierenden Größe.

Natürlich ist nun der mittlere Fehler etwas ganz anderes als der nach der Methode der ebenmerklichen Unterschiede ermittelte Unterschiedsschwellenwert. Es fragt sich, welche Beziehung etwa zwischen beiden besteht. Man könnte glauben, diese müsse ziemlich einfach sein. Daß ich bei dem Versuch, zwei Reize einander gleich zu machen, stets gewisse Fehler begehe, liegt daran, könnte man denken, daß ich nicht jeden kleinsten objektiven Reizunterschied bemerke, sondern nur einen solchen von einer gewissen endlichen Größe, und zwar von der Größe des jeweiligen Unterschiedsschwellenwertes. Innerhalb dieses Betrages kann ich mich irren, ohne es zu merken. Ist mithin der Unterschiedsschwellenwert groß, so ist auch der Mittelwert meiner Irrtümer groß, ist jener klein, so auch dieser. Um die einfachste Voraussetzung zu machen, könnte man also annehmen, daß beide einander proportional gehen, und daß es demnach für die meisten Fälle gleichgültig sei, ob man sich an den einen oder den anderen halte. An dieser Betrachtung ist jedenfalls richtig, daß Unterschiedsschwellen und mittlere Fehler nicht völlig voneinander unabhängige Dinge sind. Der jeweilige Wert des einen hängt mit ab von dem jeweiligen Wert des anderen und wird im allgemeinen wohl mit diesem steigen und fallen müssen. Allein gleichzeitig hängt jede der beiden Größen doch auch noch von anderen Umständen ab, und daß

also ihre Zusammengehörigkeit bis zu einer wahren Proportionalität gehe, ist keineswegs erforderlich. Durch folgende Resultate, die ich bei Augenmaßversuchen erhielt, wird es vielmehr direkt widerlegt. Ich bestimmte durch einige hundert Versuche (allerdings in etwas anderer Weise als oben beschrieben) für eine Strecke von 50 mm Länge sowohl den ebenmerklichen Unterschied wie den mittleren Fehler der Gleichheitsbeurteilung. Für jenen fand ich 0,89, für diesen 0,38 mm; der Schwellenwert war also rund 2,4 mal so groß wie der mittlere Fehler. Dann veränderte ich die äußeren Umstände so, daß sie die Beurteilung erschwerten, aber in ganz verschiedener Weise. Einmal so, daß ich für die Vergleichung der beiden Strecken nicht beliebig lange, sondern nur ganz kurze Zeit ließ (0,6 Sek.), sodaß man also zwar die beiden Eindrücke, wie vorher, unmittelbar nebeneinander hatte, sich aber mit ihrer Auffassung und Vergleichung sehr beeilen mußte. Sodann so, daß für die bequeme Auffassung und Einprägung jeder Einzelstrecke zwar ausreichende Zeit verstattet wurde, nun aber die beiden Reize nicht gleichzeitig oder unmittelbar hintereinander einwirkten, sondern durch ein leeres Intervall von 3 Sekunden getrennt waren. In beiden Fällen ist offenbar die Beurteilung schwieriger und unsicherer geworden, und dies prägte sich darin aus, daß in beiden sowohl mittlerer Fehler als ebenmerklicher Unterschied größere Werte bekamen, als sie unter normalen Umständen hatten. Aber sie zeigten sich in ganz verschiedener Weise gewachsen. Bei der sehr kurzen Einwirkungszeit der beiden Reize stieg wesentlich der mittlere Fehler (auf 0,59 mm); der ebenmerkliche Unterschied stieg zwar auch (1,18 mm), aber in geringerem Maße; das Verhältnis der beiden ging auf 2,0 zurück. Bei der Einschiebung eines Intervalls dagegen zwischen den beiden Wahrnehmungen nahm umgekehrt der ebenmerkliche Unterschied (1,52 mm) erheblich stärker zu als der mittlere Fehler (0,55); das Verhältnis der beiden stieg dementsprechend auf 2,8. Worauf dieses verschiedene Verhalten beruht, mag hier dahingestellt bleiben; es lehrt jedenfalls, daß mittlere Fehler und Unterschiedsschwellen neben einer gewissen Beziehung zueinander auch eine gewisse Unabhängigkeit voneinander haben, und daß also die Resultate dieser 3. Methode keinen einfachen Rückschluß auf diejenigen der 1. Methode gestatten, sondern etwas ganz anderes enthalten.

d) *Methode der richtigen und falschen Fälle.* Das Gemeinsame der vorigen drei Methoden besteht darin, daß eine gewisse Vorstellung, der Gleichheit oder Ebenmerklichkeit, innerlich festgehalten und nun aus verschiedenen vorgeführten Reizpaaren dasjenige ausgewählt wird, das der festgehaltenen Idee entspricht. Die gegenwärtige Methode verfährt gewissermaßen umgekehrt. Man bildet aus ein und demselben Normalreiz und mehreren Vergleichsreizen von verschiedenen aber ein für allemal festgesetzten objektiven Differenzen eine Anzahl von Reizpaaren. Diese bietet man wiederholt und im ganzen jedes Paar gleich häufig der Beurteilung dar, und läßt nun unter mehreren vorher verabredeten Urteilen jedesmal dasjenige auswählen, das dem jeweiligen Eindruck am besten entspricht. Zum Beispiel man läßt eine gerade Linie sehr oft und in buntem Wechsel mit anderen Linien vergleichen, die um 0, 1, 2, 3 . . . mm nach oben und nach unten von ihr differieren, und dabei jedesmal angeben, ob

die Vergleichslinien der Norm gleich oder größer oder kleiner als sie erscheinen. Sind die Differenzen zwischen den einzelnen Linien hinreichend klein im Verhältnis zu ihrer ganzen Größe, so werden die einzelnen Paare keineswegs immer in derselben Weise beurteilt, sondern auf jedes Paar entfallen Urteile aller drei Kategorien. Natürlich aber nicht in derselben relativen Verteilung bei den einzelnen Paaren. Je größer die Vergleichslinie ist gegenüber der Norm, desto mehr werden die Urteile „größer" überwiegen, und entsprechend für die Urteile „kleiner". Der subjektive Eindruck, den jedes Reizpaar im ganzen gemacht hat, wird also vollkommen charakterisiert durch das für jedes gefundene Verhältnis der Urteile größer, gleich, kleiner zueinander oder zu der Gesamtzahl der Urteile. Und das Ziel der Methode ist zunächst, in den verschiedenen Gegenden eines Empfindungsgebietes Reizpaare zu finden, bei denen jene Verhältnisse der über sie abgegebenen Urteile *gleich* sind, da doch die Vermutung berechtigt erscheint, daß solche Paare dann subjektiv, als Empfindungsstufen, den gleichen Eindruck gemacht haben, psychisch also einander gleichwertig sind. (In objektiver Hinsicht ist natürlich ein Reiz immer nur eines, entweder gleich einem anderen, oder kleiner oder größer als dieser. Von den drei Gruppen der erhaltenen Urteile ist daher immer eine objektiv richtig, die beiden anderen falsch. Diese Tatsache hat der Methode den Namen gegeben, ist aber für ihre psychologische Bedeutung nebensächlich.)

Von besonderer Wichtigkeit aber ist es nun natürlich, von einer solchen Fragestellung und darauf erhaltenen Antworten aus einen Anschluß an die vorigen 3 Methoden zu gewinnen. Als Resultat einer Versuchsreihe mit richtigen und falschen Fällen erhalte ich eine Tabelle, in der verzeichnet steht, wie oft verschiedene objektive Reize verglichen mit einer allen gemeinsamen Norm als gleich, größer und kleiner beurteilt worden sind. Was mache ich mit diesen Zahlen? Welchen Reizunterschied würde ich wohl bei einem solchen Normalreiz als ebenmerkliche Empfindungsstufe beurteilt haben, wenn ich nach der ersten Methode verfahren wäre? Oder welchen mittleren Fehler hätte ich gefunden, wenn nach der dritten? Läßt sich dafür aus den vielen Zahlen jener Tabelle kein Anhalt gewinnen?

Für den mittleren Fehler allerdings unter Umständen. Wenn nämlich die äußersten zur Beurteilung herangezogenen Vergleichsreize sich so weit von dem Normalreiz nach oben und nach unten entfernen, daß die Urteile sämtlich richtig werden und Gleichheitsfälle hier nicht mehr vorkommen, wenn ferner innerhalb dieses Bereichs nicht zu wenige Vergleichsreize in Betracht gezogen sind und diese in *gleichmäßiger Verteilung* über das ganze Intervall, so hat man an der ganzen Masse der vorhandenen Gleichheitsurteile augenscheinlich *ungefähr* dasselbe, was man auch durch wiederholte *Einstellungen* auf Gleichheit (nach der 3. Methode) gewonnen hätte. Die Gleichheits*einstellungen* sagen, daß von allen überhaupt möglichen und gleich häufig beurteilten objektiven Reizdifferenzen die und die einzelnen so und so oft übersehen, als nicht vorhanden beurteilt

worden sind. Die Gleichheitsurteile der 4. Methode sagen (unter den oben formulierten Bedingungen) dasselbe, mit dem einzigen Unterschied, daß die beurteilten Reizdifferenzen hier nicht kontinuierlich aneinanderschließen, sondern gleichmäßig abgestuft sind. Nimmt man also aus sämtlichen als gleich beurteilten Reizdifferenzen das arithmetische Mittel (wobei natürlich jede so oft zu rechnen ist wie sie vorkommt, einschließlich der Differenz 0), so muß man einen Wert erhalten, welcher von dem nach der 3. Methode bestimmten mittleren Fehler nicht wesentlich differieren kann. Und das ist, wie ich versichern kann, in der Tat der Fall.

Auf die andere oben gestellte Frage dagegen, nach der Beziehung zwischen richtigen und falschen Fällen und ebenmerklichen Unterschieden, ist eine Antwort schwieriger. So ist sie denn auch unglücklicherweise von dem ersten, der sie zu geben versuchte, von Fechner, nicht richtig getroffen worden, was viele Verwirrung verursacht hat. Fechner meinte, die nach der Methode der richtigen und falschen Fälle gewonnenen Urteile seien als Beobachtungsfehler zu betrachten. Irre man sich um mehr als den jeweiligen objektiven Reizunterschied, so resultiere ein falsches, irre man sich um weniger, ein richtiges Urteil: die Gleichheitsurteile seien als Zweifelsfälle zwischen richtigen und falschen Urteilen aufzufassen und demnach jeder Kategorie zur Hälfte zuzuschlagen. Eine bestimmte Verhältniszahl z. B. falscher Urteile für eine bestimmte Reizdifferenz gebe also an, wie oft relativ man sich um diese Differenz oder noch mehr geirrt habe. Auf diese Beobachtungsirrtümer aber könne man nun die wohlbewährte Gaußsche Fehlertheorie (s. S. 84) übertragen und nach ihr das Präzisionsmaß ermitteln, das den Beurteilungen zukomme. Dieses Präzisionsmaß aber hänge nur von der Unterschiedsempfindlichkeit ab, die für die verglichenen Reize bestehe; d. h. es sei reziprok ihrem ebenmerklichen Unterschiede. Durch die Berechnung des Präzisionsmaßes (für die Fechner gleich einige Formeln gab) gewinne man also ohne weiteres dasselbe wie in der nach der ersten Methode gefundenen Unterschiedsschwelle. Gegen diese Betrachtungen wurde mit Recht von G. E. Müller eingewandt, daß über die genauere Beziehung der durch sie so eng zusammengebrachten Größen, Unterschiedsschwelle und Präzisionsmaß, von vornherein nichts bekannt sei, und daß daher beide wohl auseinandergehalten werden müßten. Zugleich ersetzte er die Fechnerschen Formeln durch neue und richtigere, mit deren Hilfe man aus den richtigen und falschen Urteilen jene beiden Werte gleichzeitig bestimmen kann. Jahrelang haben zahlreiche Psychologen diesem Formelreichtum gegenüber eine große Hilflosigkeit gezeigt und bisweilen ihre Beobachtungsresultate sowohl nach Fechner wie nach Müller verarbeitet, gleichsam als ob es sich um verschiedene Geschmacksrichtungen handelte, denen man beiden Rechnung tragen müsse. Allmählich aber scheint das Verständnis für die Überlegenheit der Müllerschen Formeln durchgedrungen zu sein. Für die Unterschiedsschwelle ergibt sich aus ihnen das einfache Resultat, daß sie derjenigen Reizdifferenz gleichzusetzen ist, auf die gerade 50% richtige Urteile entfallen. Die rechnerische Darstellung dieses Zusammenhanges würde hier zu weit führen; er läßt sich aber mit genügender Genauigkeit auf einfachere Weise anschaulich klar machen. Die Strecke AR in Fig. 2 bedeute einen Reiz von einer gewissen Größe, AR' einen etwas größeren Reiz. Bei der Vergleichung der beiden wird nun in unregelmäßiger Weise jeder einzelne bald etwas größer, bald etwas kleiner aufgefaßt. Das kann dadurch dargestellt werden, daß man sich die Lage des Endpunktes R' der Strecke AR' veränderlich denkt, und zwar entsprechend dem Gaußschen Fehlergesetz: er möge also bei häufiger Wiederholung der Vergleichungen symmetrisch zu seiner

Mittellage hin und her fallen, und zwar an jede Stelle so oft, wie die Ordinaten der über R' gezeichneten Fehlerkurve angeben. Der von dieser Kurve und der Abszissenachse eingeschlossene Raum repräsentiert dann die Gesamtheit der abgegebenen Urteile. Damit nun ein mit AR verglichener Reiz als größer beurteilt werde, ist nötig, daß die empfundene Differenz zwischen beiden einen gewissen Mindestwert, eben die Unterschiedsschwelle, überschreite. Sie werde hier mit RS bezeichnet. Für den Reiz R' wird dieser Fall offenbar so oft eintreten, wie das durch die Ordinate SS abgeschnittene Flächenstück b des ganzen Urteilsraumes angibt. In jedem dieser Fälle wird das (objektiv richtige) Urteil gefällt, AR' sei größer als AR, während das übrigbleibende Stück a des Urteilsraums die (objektiv falschen) Urteile, AR' sei gleich oder kleiner als AR, repräsentiert. Offenbar aber müssen nun die Flächenstücke a und b einander gleich werden, und also genau in der Hälfte aller Fälle objektiv richtige Urteile abgegeben werden, wenn R' mit S zusammenfällt, d. h. wenn AR' gerade um den Betrag der Unterschiedsschwelle größer ist als AR. (S. indes hierzu auch § 44.)

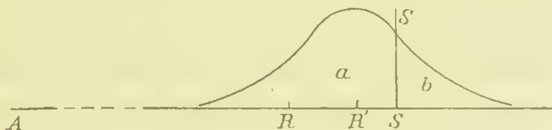


Fig. 2.

Auf weitere Einzelheiten kann hier nicht eingegangen werden; ich bemerke zu dem Gegenstande nur noch kurz folgendes. Die ganzen Schwierigkeiten, von der Methode der richtigen und falschen Fälle den Anschluß an die der ebenmerklichen Unterschiede zu finden, rühren daher, daß in beiden die Fragestellung eine so verschiedene ist. Wenn man einmal nach einem ganz bestimmten, nämlich einem ebenmerklichen Unterschied fragt, ein andermal dagegen nach etwas, was noch unendlich zahlreicher näherer Bestimmungen fähig ist, nämlich ganz im allgemeinen nach Größer- oder Kleinersein, so ist es kein Wunder, daß von den Antworten auf die eine Frage kein einfacher Übergang möglich ist zu denen auf die andere. Mit dieser Einsicht in den Grund der Schwierigkeit ist aber auch das sicherste Mittel gegeben zu ihrer Abhilfe: man mache die Fragestellung bei beiden Methoden vergleichbar. Die Beurteilung der Ebenmerklichkeit, die ein für weitere Verwendungen so brauchbares Ergebnis liefert, muß den bei der Methode der richtigen und falschen Fälle benutzten Urteilen eingefügt werden. Man muß nicht bloß fragen: ist dieser Reiz verglichen mit jenem anderen größer, gleich oder kleiner? sondern genauer: unterscheidet sich dieser Reiz ebenmerklich von jenem anderen, unterscheidet er sich gar nicht, oder ist endlich der Unterschied so groß und deutlich, daß er noch weiterer Verringerung fähig erscheint, ohne ganz zu verschwinden? Die Urteile, unter denen man wählt, müssen also sein: gleich, ebenmerklich größer, deutlich größer, und wenn man die Beurteilung, wie zumeist erforderlich, auch nach unten ausdehnt, außerdem noch: ebenmerklich kleiner und deutlich kleiner, in diesem Falle also fünf an der Zahl. Werden die Urteile mit dieser genaueren Unterscheidung abgegeben (was nach meinen Erfahrungen nach geringer Einübung mit völlig ausreichender Sicherheit geschieht und keinerlei nennenswerte Erschwerung bedeutet), und werden außerdem die beurteilten Reizdifferenzen nach oben und nach unten in gleichmäßiger Abstufung so weit ausgedehnt, daß Ebenmerklichkeitsurteile nicht mehr vorkommen, sondern die äußersten Differenzen deutlich erkannt werden, so ist die Bestimmung der ebenmerklichen Unterschiede aus den Urteilen eine leichte Sache. Man greift die sämtlichen Gleichheitsurteile und die sämtlichen auf ebengrößer (oder ebenkleiner) lautenden Urteile heraus, ermittelt für beide die Mittelwerte der zugehörigen Reize und bildet deren

Differenz. Das ist dann der ebenmerkliche Unterschied nach oben (oder nach unten). Die Urteile „deutlich größer“ und „deutlich kleiner“ aber bleiben wegen ihrer Unbestimmtheit außer Betracht; sie dienen nur dazu, die Ebenmerklichkeitsurteile nach oben und nach unten hin abzugrenzen.

Bei der ersten Erwähnung der vier Methoden sagte ich, daß sie ursprünglich von verschiedenen Personen und im Anschluß an die Eigenart verschiedener Empfindungsgebiete ausgedacht worden seien. Das Verdienst, drei von ihnen (1, 3 u. 4) aus entlegenen und vereinzelten Untersuchungen herangezogen und planmäßig in den Dienst eines Zweckes gestellt zu haben, gebührt Fechner; die bei der Schätzung der Sternhelligkeiten sozusagen schon längst geübte Methode der übermerklichen Unterschiede wurde dann durch Plateau den psychophysischen Verfahrungsweisen hinzugefügt. Leider ist nun dabei, wie denn nicht alles auf einmal zu gelingen pflegt, der eigentliche Sinn und das wahre Verhältnis der verschiedenen Methoden zueinander nicht gleich scharf erkannt worden. Wie Fechner sie als außereinander entstanden vorfand, so setzte er sie einfach nebeneinander und betrachtete sie als verschiedene aber koordinierte Verfahrungsweisen, zwischen denen man zur Erreichung ein und desselben Zieles, der Bestimmung der Unterschiedsempfindlichkeit für verschiedene Reize, ziemlich beliebig wählen könne. Daß dies falsch sei, wurde vielfach empfunden, und man hat daher auch hie und da versucht, die Fechnersche Auffassung zu verbessern. So z. B. indem man die beiden ersten Methoden zusammen als *Abstufungsmethoden* den beiden letzten als *Fehlermethoden* gegenübersetzte, worin ein gewisses Bewußtsein ihrer Verschiedenartigkeit zum Ausdruck kommt, ohne daß doch das Wesentliche getroffen würde. Aber man muß sich viel weiter von der herkömmlichen Darstellung losmachen und das allerdings stückweise Gewordene überhaupt nicht weiter nebeneinander setzen, sondern nach seinem inneren Zusammenhange betrachten. Es stellt sich dann so dar.

Das allgemeine Ziel der psychophysischen Methodik ist, wie oben angegeben: Bestimmung derjenigen objektiven Reize, die gleich erscheinenden Empfindungen, oder derjenigen Reizpaare, die gleich erscheinenden Empfindungsstufen als ihre äußeren Ursachen zugehören. Für jede dieser beiden Aufgaben kommen wieder zwei Fälle in Betracht. Die Einzeleindrücke oder Empfindungsstufen, deren objektive Ursachen gesucht werden, können entweder so klein gewählt werden, daß sie nur gerade eben merklich sind (Bestimmung sog. *absoluter Schwellen* und *Unterschiedsschwellen*), oder sie können eine beliebig größere Merklichkeit haben (Bestimmung *gleichwertiger Reize* und *gleich abgestufter Reizpaare*). Das scheint kein besonders bemerkens-

werter Unterschied zu sein, wird es aber immerhin durch einen bereits (S. 82) erwähnten Umstand. Bei der Bestimmung eines Ebenmerklichen trägt man die Vorstellung des Gesuchten jederzeit mit genügender Sicherheit in sich und entscheidet lediglich bei Betrachtung eines objektiven Reizes oder Reizpaares, ob es dieser Idee entspreche oder nicht. Bei jeder anderen Reiz- oder Stufengröße dagegen muß man die Norm, auf die sich die Vergleichung bezieht, stets in sinnlicher Wirklichkeit daneben haben, weil ihre bloß geistige Festhaltung viel zu unsicher sein würde, wie es ja auch bei genaueren Messungen mit den konventionell festgesetzten Raum-, Gewichts- u. a. Maßen der Fall ist. Dadurch wird der äußere Charakter der Untersuchung in beiden Fällen ein etwas verschiedener.

Neben dieser vierfachen Verschiedenheit der Zwecke aber bestehen nun zwei wesentlich verschiedene Möglichkeiten für ihre Verwirklichung, für das eigentliche Untersuchungsverfahren. Man kann nämlich bei der Beurteilung des Objektiven entweder so vorgehen, daß man die Idee, um die es sich handelt, also der Ebenmerklichkeit oder der Gleichheit, festhält, und nun die äußeren Reize so lange abändert, bis der von ihnen hervorgerufene Eindruck jener Idee entspricht. Oder man kann mehrere ein für allemal vorher ausgewählte und während einer ganzen Versuchsreihe festgehaltene Reize oder Reizpaare immer wieder zur Beurteilung vorlegen und unter gewissen vorher verabredeten Urteilen jedesmal das passendste auswählen. Dort ist eine bestimmte Idee gegeben und gesucht wird ein dazu gehöriges Objektives, durch Auswahl unter mehreren anderen; hier ist das Objektive gegeben und gesucht wird das dazu gehörige Urteil, wiederum durch Auswahl unter mehreren anderen. Um diese beiden Verfahrungsweisen kurz unterscheiden zu können, will ich die erste als *Verfahren mit Reizfindung*, die zweite als *Verfahren mit Urteilsfindung* bezeichnen, wobei man beachten wolle, daß eine kurze Bezeichnung in der Regel a potiori geschieht und keine adäquate Beschreibung sein kann.[1] Das erste Verfahren ist für alle psychophysischen Zwecke in allgemeinem Gebrauch. Das zweite (die Methode der richtigen und falschen Fälle der üblichen Terminologie) hat bisher wegen technischer Schwierigkeiten bei übermerklichen Empfindungsstufen noch keine Anwendung gefunden, kann aber sachlich auch auf diese zwanglos übertragen werden. Die bei diesem Verfahren abzugebenden Urteile setzt man

[1] Um noch kürzere Ausdrücke zu haben, befürwortet G. E. Müller die Bezeichnungen *Grenzmethode* (weil es sich bei ihr um eine Abgrenzung z. B. eines Ebenmerklichen gegen anderes handelt) und *Konstanzmethode* (weil bei ihr konstante Reize oder Reizpaare festgehalten werden). In der Sache ist dieselbe Unterscheidung gemeint wie oben.

zweckmäßigerweise (wie schon S. 89 angegeben) von vornherein so fest, daß alles, was nachher hinsichtlich der beurteilten Reize wissenswert erscheint, auch direkt als Urteil ausgesprochen wird. Bei ebenmerklichen Empfindungsstufen z. B., wo mehrere Reizpaare von geringen objektiven Differenzen wiederholt vorgelegt werden, entscheidet man also, ob je zwei von diesen gleich, ebenmerklich verschieden oder deutlich verschieden erscheinen. Dehnt man dann die Beurteilung weit genug nach oben und nach unten hin aus, so findet man die einem bestimmten Urteil entsprechende objektive Reizdifferenz ohne weiteres durch einfache Mittelziehung aus den sämtlichen Werten, für die das betreffende Urteil abgegeben war.

Zugleich aber kommt nun noch eine weitere Zweiheit in die Sache. Bei astronomischen, geodätischen und anderen Messungen, bei denen eine gewisse Größe aus vielfach wiederholten Beobachtungen bestimmt wird, gibt man als Resultat der Messung nicht nur den Mittelwert, auf den es freilich eigentlich und hauptsächlich ankommt, sondern man fügt ihm regelmäßig noch eine weitere Zahl bei, eine Charakteristik der Güte der Beobachtungen. Man kann für sie, wie oben (S. 85) erörtert, verschiedenes wählen: das Präzisionsmaß, den wahrscheinlichen Fehler, mittleren Fehler. Aber eine derartige Angabe ist bei irgend erheblicher Verschiedenheit der Einzelbeobachtungen stets notwendig, da erst durch sie ein Urteil über die weitere Verwendbarkeit des gefundenen Mittelwertes ermöglicht und eine Überschätzung seiner Tragweite verhütet wird. Wird eine Folgerung z. B. aus einem Beobachtungswert dadurch schon irrig, daß man ihn innerhalb seines wahrscheinlichen Fehlers beliebig ändert, so kann die Folgerung als belanglos abgewiesen werden. Offenbar ist in der Psychologie nichts mehr am Platze als eine gleiche Vorsicht. Die Einzelurteile bei der Herstellung gleicher Eindrücke oder gleicher Stufen weichen vielfach so beträchtlich von dem Mittelwerte ab, der sich schließlich aus ihnen ergibt, daß es hier mehr als irgendwo anders erforderlich ist, sich vor einer sozusagen abergläubischen Verehrung jenes Mittelwertes seinem bestimmten Betrage nach zu bewahren und ihm dazu eine Charakteristik seiner Genauigkeit mitzugeben. Wegen der Einfachheit der Berechnung ist es durchweg üblich geworden, als solche den *mittleren Fehler* in dem mehrerläuterten Sinne zu nehmen, d. h. also das arithmetische Mittel aus den sämtlichen positiv genommenen Abweichungen. Dabei aber ist zu beachten — was bisher nicht geschehen ist —, daß ein solcher mittlerer Fehler überall zu verlangen ist, nicht nur bei Gleichheitsbeurteilungen, sondern auch bei Unterschiedsbeurteilungen, bei dem Verfahren mit Reizfindung so gut wie bei dem mit Urteilsfindung. Wird also z. B. festgestellt,

daß für einen Reiz a im Durchschnitt vieler Beobachtungen der Zuwachs Δa gerade eben bemerkt wurde, so ist hinzuzufügen, um wieviel, wiederum im Durchschnitt, die Einzelbeobachtungen von ihrem Mittelwert Δa nach oben oder nach unten hin abwichen. Und entsprechend für übermerkliche Empfindungsstufen.

Zur Charakterisierung der bei einer psychophysischen Untersuchung eingeschlagenen Methode ist mithin, um zusammenzufassen, eine allgemeine Angabe nötig: ob man sich des Verfahrens mit Reizfindung oder mit Urteilsfindung bedient habe. Im einzelnen ist dann etwa hinzuzufügen, bei der ersten Methode: ob die gesuchten Reize durch Hin- und Herprobieren oder durch regelmäßige Vergrößerung und Verkleinerung gefunden seien, und ob diese in bestimmten kleinen Stufen oder kontinuierlich vorgenommen sei. Und bei der Methode der Urteilsfindung: welche konstanten Differenzen der Reize man der wiederholten Beurteilung unterworfen habe, ob man die Vergleichsreize ihrer Größe nach habe aufeinander folgen lassen oder ob dabei ein zufälliger oder planmäßiger Wechsel stattgefunden habe. Zur Charakterisierung ferner der bei der Untersuchung erhaltenen Resultate sind zwei weitere Angaben nötig: erstens der Mittelwert der einer gegebenen Norm insgesamt gleichgeschätzten Reize oder Reizpaare, zweitens der bei Bestimmung dieses Mittelwertes begangene mittlere Fehler.

Wie die herkömmlichen vier Methoden bei der vorstehenden Darstellung der ganzen Methodik in verschiedener Weise zu ihrem Recht kommen, oder auch ihres bisherigen Rechtes beraubt werden, ist vielleicht bereits klar geworden. Die beiden Hauptverschiedenheiten des Verfahrens stecken in den oben zuerst und zuletzt genannten beiden Methoden (der ebenmerklichen Unterschiede und der richtigen und falschen Fälle); das der ersten ist identisch mit der Methode der Reizfindung, das der zweiten mit der der Urteilsfindung. Die oben an zweiter und dritter Stelle genannten Methoden dagegen bilden nicht sowohl Verschiedenheiten des Verfahrens als vielmehr solche des Versuchszwecks: Ermittelung der objektiven Ursachen übermerklicher Empfindungsstufen und gleichwertiger Einzeleindrücke. Das hierbei geübte Verfahren war bisher durchweg das der Reizfindung, und in dieser besonderen Ausgestaltung der Untersuchung haben wir die herkömmlichen Methoden der übermerklichen Unterschiede und der mittleren Fehler. Die gleichen Zwecke aber können ebensogut auch auf dem Wege der Urteilsfindung erstrebt und erreicht werden; daher ist die Verschiedenheit dieser Methoden etwas, was die der beiden anderen kreuzt. Zugleich steckt in der Methode der mittleren Fehler noch ein weiterer Gedanke: auf einen mittleren Fehler kommt

es freilich auch an. Nur steht er nicht so neben den anderen Versuchsresultaten, daß er etwa statt ihrer benutzt und dann natürlich auch nicht benutzt werden könnte, sondern er hat jedes einzelne Resultat, einerlei wie es gewonnen ist und auf welchen Gegenstand der Untersuchung es sich bezieht, als eine dem Wesen nach andersartige aber enge dazu gehörige Größe zu begleiten.

Vermutlich wird man nun fragen, welche Methode und welche besondere Ausgestaltung ihres Verfahrens denn nun am meisten zu empfehlen sei; oder auch, welchen Gegenstand der Untersuchung (z. B. ebenmerkliche oder übermerkliche Unterschiede) man am zweckmäßigsten wähle, um die allgemeinen Beziehungen zwischen geistigen und materiellen Vorgängen, um die es sich hier doch handelt, am leichtesten und zuverlässigsten kennen zu lernen. Das läßt sich einstweilen nicht sagen, da vergleichende Untersuchungen der verschiedenen Verfahrungsweisen erst in geringer Zahl und dazu in unvollkommener Ausführung vorliegen. Vielleicht wird es sich niemals sagen lassen. Denn für gewisse Empfindungsgebiete ist ein gewisses Untersuchungsverfahren bequemer und naturgemäßer, für andere ein anderes. Und bei verschiedenen Individuen wird es ähnlich sein; der eine kommt besser mit dieser Fragestellung zum Ziele, der andere mit jener. Bis also bestimmte Vorzüge eines Verfahrens vor den anderen direkt nachgewiesen sind, wird man je nach Umständen verschieden wählen.

Um so wichtiger ist es dann, sich dabei klar zu sein, daß man nicht erwarten darf, bei Anwendung verschiedener Methoden genau dieselben Resultate zu erhalten. Jede erfüllt den Beobachter ganz naturgemäß, eben wegen ihrer Fragestellung und sonstigen Eigenart, mit bestimmten Vorstellungen, und da er immer als ein ganzer Mensch in die Untersuchungen eingeht, nicht bloß mit den Augen und Ohren, sondern stets zugleich noch mit einem reichen Gedanken- und selbst Gefühlsspiel, so ist die besondere Gestaltung der Methode stets von einer ganz anderen Bedeutung für die Resultate, wie wenn man etwa die Lichtgeschwindigkeit mit Hilfe der Jupitermonde oder mit Hilfe eines rotierenden Spiegels bestimmt.

Auf einige dieser Folgen muß noch im einzelnen hingewiesen werden. Man denke sich, es werde ein ebenmerklicher Unterschied so ermittelt, daß man abwechselnd von zu kleinen Unterschieden allmählich aufsteigt, durch die Ebenmerklichkeit hindurchgeht, bis die Unterschiede deutlich zu groß werden und dann denselben Weg umgekehrt zurücklegt. Sagt man der Versuchsperson nicht, ob man gerade aufsteigt, so muß sie dies doch bald merken, wenn sie auch nicht gerade die Wendepunkte genau erkennen wird. Es scheint somit vielleicht besser, um sie nicht durch ein halbes Raten irre-

zuführen, sie einfach auf dem Laufenden zu erhalten über die jeweilige Richtung der Veränderung, d. h. also *wissentlich* zu verfahren. Läßt man nun etwa die objektive Reizdifferenz wachsen und hat eben für sie bereits das Urteil „größer" erhalten, so wird man schwerlich bei noch weiterer Zunahme des Vergleichsreizes ein „gleich" oder gar „kleiner" vernehmen. Weiß der Urteilende nichts von den objektiven Verhältnissen der Reize, so kommt dergleichen fortwährend vor, aber hier, wo er davon Kenntnis hat, ist er sich selbst gewissermaßen diese Konsequenz seiner Urteile schuldig, daß er nicht ein Größeres für geringer erklärt als kurz vorher ein Kleineres. Bei besonders gewissenhaften Versuchspersonen ist diese Gefahr natürlich geringer; dafür verfallen sie dann bisweilen der entgegengesetzten, daß sie, um vor sich selbst nicht durch ihre Kenntnis des Objektiven verleitet zu erscheinen, ein ihren tatsächlichen Eindrücken direkt zuwiderlaufendes Urteil abgeben. Noch andere Einflüsse können eine Rolle spielen. Ist z. B. der Vergleichsreiz gerade deutlich größer und wird nun allmählich verkleinert, so zeigt die Versuchsperson oft eine deutliche Tendenz der *Beharrung* bei dem mehrfach hintereinander erforderlich gewesenen Urteil „größer"; sie hält es weit länger fest, als ohne dieses wiederholte Vorangehen der Fall sein würde. In anderen Fällen dagegen zeigt sich auch hier wieder das gerade Gegenteil. Infolge der sicheren *Erwartung* der Versuchsperson, daß der anhaltend verkleinerte Vergleichsreiz nun bald gleich erscheinen müsse, erfolgt dieses Urteil weit früher als außerhalb eines solchen regelmäßigen Ganges der Versuche. Das ausgesprochene und abgegebene Urteil also ist keineswegs eine reine Wiedergabe des unmittelbaren und unbeeinflußten Empfindens; es spiegelt vielmehr zugleich allerlei Nebengedanken, die natürlich ihrerseits völlig in der Ordnung, weil durch die Methode veranlaßt sind, die aber doch eine Trübung dessen bewirken, was man eigentlich erfahren wollte.

Um solche Beeinflussungen zu verhüten und vorurteilslose Urteile zu erhalten, wählt man nun vielleicht statt des wissentlichen Verfahrens ein *unwissentliches*; man sucht der Versuchsperson jede anderweitige Kenntnis des grade zu beurteilenden Objektiven vorzuenthalten, was sich in der Tat im allgemeinen als bei weitem zweckmäßiger erwiesen hat. Am leichtesten zu ermöglichen ist es bei der Methode der Urteilsfindung; man führt also in unregelmäßiger Folge bald größere bald kleinere Reizdifferenzen zur Beurteilung vor. Die vorhin erwähnten Folgen der Befangenheit der Versuchsperson werden so freilich vermieden; aber die Urteilstrübungen überhaupt wird man darum doch nicht los; sie erscheinen jetzt nur in anderer Gestalt. Hat man zufällig einmal einen oder einige der größeren

überhaupt benutzten Vergleichsreize vorgelegt und wählt dann einen der Norm gleichen, so wird dieser jetzt sehr leicht für „kleiner“ erklärt, nicht sowohl wegen des Eindruckes, den er an sich macht, als wegen des Gegensatzes gegen das Vorangegangene. Man beurteilt nämlich bei einigermaßen schneller Versuchsfolge die Vergleichsreize nicht nur, wie gefordert, in ihren Beziehungen zu dem Normalreiz, sondern auch in ihren Beziehungen zueinander, und sobald man nun einmal mit ihnen größere Sprünge macht, beeinflussen sie einander durch *Kontrast.* Vermeidet man aber die Sprünge und bleibt eine Weile vorwiegend in einer gewissen Gegend, um sich dann allmählich in eine andere hinüberzuschieben, so macht man den Beobachter leicht irre. Er weiß, daß im allgemeinen unregelmäßig zwischen Verschiedenem gewechselt werden soll. Hat er nun mehrfach hintereinander dasselbe Urteil abgegeben, so fängt er an sich hierüber zu wundern, wird immer sicherer, daß jetzt etwas Andersartiges kommen muß und fährt schließlich einmal mit einem Urteil dazwischen, das bei wirklicher Unbefangenheit und ohne die vorangegangenen künstlich erzeugten Gedanken ganz anders ausgefallen wäre. Sogar das Verhältnis der für die Urteilsfindung vorgelegten Differenzen zueinander ist für den Ausfall der Resultate von Bedeutung. Wählt man zuviel kleinere Differenzen und führt das entschieden Größere oder Kleinere nicht oft genug vor, so wird die Beurteilung sehr quälend. Die Versuchsperson müht sich ab mit dem genauen Erkennen von Verschiedenheiten, die sie zum Teil nun einmal nicht wahrnehmen kann; sie will sich aber doch ihrer Aufgabe möglichst gewachsen zeigen und urteilt wacker bald größer, bald kleiner. Natürlich sind ihre Urteile unter diesen Umständen teilweise bloß vom Zufall bestimmt, man hätte sie ebensogut aus einer Trommel herausziehen lassen können. Wählt man dagegen die Differenzen zu weit auseinander, sodaß sie beiderseits zu weit in das deutlich Verschiedene hineinragen, so verführt man die Versuchsperson sozusagen zum Leichtsinn. Das deutlich Verschiedene beurteilt sie mit Leichtigkeit als solches, das übrige bezeichnet sie meist kurzer Hand als gleich, indem sie von einer genaueren Prüfung eben durch die Gestaltung des Versuchsverfahrens abgehalten wird.

Selbstverständlich ist es nun trotz alledem nicht unmöglich, mit allen Methoden zu einer übereinstimmenden Erkenntnis der bestehenden Gesetzmäßigkeiten zu gelangen; vielfach kommt es ja auch nur darauf an, daß die miteinander in Vergleich gestellten Versuchsresultate alle nach derselben Methode — einerlei welcher — erhalten sind, falls sie nur überhaupt in verständiger Weise gehandhabt wurde. Aber jedenfalls ist dem experimentierenden Psychologen

nichts nötiger als ein kritisches Bewußtsein des geistigen Spieles, das er ungewollt mit jeder Methode in anderer Weise entfesselt.

Gemeinsam sind allen psychophysischen Methoden gewisse Schwierigkeiten bei der Herstellung gleicher Versuchsumstände, auf die hier noch kurz hingewiesen werden möge. Bei allen kommt es an auf eine Vergleichung von Reizen oder Reizpaaren, die wegen der Unsicherheit des Einzelergebnisses sehr häufig wiederholt werden muß. Selbstverständlich ist die Meinung dabei, daß die beurteilten Reize außer denjenigen Differenzen, die eben der Beurteilung unterliegen, weiter keine objektiven Verschiedenheiten haben sollen, und ebenso, daß auch der Beobachter sich ihnen allen gegenüber stets in der gleichen subjektiven Verfassung befinde. Eine Verwirklichung dieser Voraussetzungen ist aber in vielen Hinsichten tatsächlich ganz unmöglich. Werden z. B. die beiden Reize gleichzeitig wahrgenommen, wie es ja bei Gesichts- und Tasteindrücken möglich ist, so liegt der eine hier und der andere dort, sie befinden sich also in verschiedener *Raumlage*; werden sie sukzessiv wahrgenommen, so geht der eine voran, der andere folgt nach, sie haben also verschiedene *Zeitlage*. In vielen Fällen, z. B. wenn man Gewichte mit derselben Hand heben und vergleichen will, bestehen stets beide Verschiedenheiten gleichzeitig. Bei der Beurteilung mehrerer Reizpaare hintereinander ferner bleibt in der Regel der eine Reiz derselbe, der andere wird abgeändert, jeder zieht dadurch in einer etwas anderen Weise die Aufmerksamkeit auf sich. Man faßt z. B. vorwiegend den sich ändernden Reiz ins Auge, prüft, ob er immer noch zu groß oder bereits gleich sei, und bezieht sich auch bei der Urteilsabgabe immer auf ihn, zumal ja schon wegen der Notwendigkeit schneller Protokollierung eine feste Regel in dieser Hinsicht unvermeidlich ist. Die Vergleichung geschieht also jeweilig stets mit einer bestimmten *Urteilsrichtung*. Man sollte zunächst nicht denken, daß alle diese Verschiedenheiten von besonderer Bedeutung seien, die Erfahrung hat aber gelehrt, daß dem in der Tat so ist: sie alle beeinflussen das Urteil in bestimmten, bei verschiedenen Individuen vielfach ähnlichen Weisen und bringen also, wenn man ihre Einflüsse nicht ausgleicht, konstante Abweichungen der Resultate von dem eigentlich Beabsichtigten hervor. Diese Ausgleichungen der *konstanten Fehler* sind im Prinzip einfach genug, bedingen aber freilich eine starke Vermehrung der Versuche. Wird eine rechts neben einer anderen befindliche Strecke lediglich wegen ihrer Raumlage etwas anders aufgefaßt, als wenn dieselbe Strecke links neben jener anderen läge, so muß man sie offenbar, um diesen Einfluß zu eliminieren, in jeder Raumlage gleich oft beurteilen, die Größe, auf die es ankommt, für beide Lagen ermitteln und aus beiden das Mittel nehmen. Entsprechend bei aufeinanderfolgenden Eindrücken mit der Zeitlage und ebenso wiederum mit der Urteilsrichtung. Sind Raum- und Zeitlage gleichzeitig auszugleichen, so entstehen also vier Kombinationen, bei Hinzunahme der Urteilsrichtung gar acht, deren jede eine besondere Wiederholung der Versuche bedingt. Diese Häufung der Wiederholungen aber verlängert die Versuchsreihen und die ganze Versuchsperiode und bringt dadurch, wieder ganz unvermeidlich, neue Übelstände mit sich. Der Beobachter soll sich bei den wiederholten Urteilen stets in derselben subjektiven Verfassung befinden. Aber bei einer längeren Versuchsreihe wird er allmählich ein anderer. Zu Anfang ist er frisch, um allmählich zu ermüden, oder auch, er ist zu Anfang noch nicht recht bei der Sache, kommt langsam in Zug, um dann weiterhin gleichfalls zu erschlaffen. Die Untersuchungen können ferner nicht in ein paar Tagen erledigt werden, sie nehmen Wochen oder Monate in Anspruch. Nun gibt es keine bis dahin ungewohnte

und dann längere Zeit hindurch betriebene Tätigkeit, bei der man nicht durch Übung allmählich geschickter würde. Das praktische Leben bietet zu den meisten Urteilen, die bei der Empfindungsmessung in Betracht kommen, geringe oder gar keine Gelegenheit. Im Anfang einer Untersuchung ist man in der Regel also sehr ungeschickt, erklärt alle möglichen objektiven Verschiedenheiten für ebenmerkliche Unterschiede oder für äquidistante größere Stufen und fällt noch dazu alle Urteile mit großer subjektiver Unsicherheit. Mit der Zeit werden die Resultate besser, d. h. in sich übereinstimmender und subjektiv sicherer, aber sie liefern jetzt andere Mittelwerte und andere mittlere Fehler als zu Anfang. Kurz, der Beobachter, der bei allen Urteilen subjektiv als der gleiche beteiligt sein sollte, ist tatsächlich, abgesehen noch von sonstigen Änderungen, infolge von *Ermüdung* und *Übung* niemals ganz derselbe Mensch. Extreme Grade der Ermüdung kann man ja nun freilich vermeiden und die bei geringster Geübtheit erhaltenen Resultate außer Betracht lassen, aber im ganzen kann man doch jene beiden Faktoren nicht ausschalten und muß also wieder suchen, sie auszugleichen. Man tut es, ähnlich wie bei der Raum- und Zeitlage, indem man die Beurteilung der gleichen Reize oder Reizpaare den an sich unvermeidlichen Einflüssen verschiedener Übungs- und Ermüdungsstadien möglichst gleichmäßig aussetzt. Die verschiedenen Gegenden eines Empfindungsgebiets, die bei der ganzen Untersuchung überhaupt in Betracht gezogen werden sollen, müssen in einer regelmäßig abgeänderten Reihenfolge an den einzelnen Versuchstagen vorgenommen werden, so daß heute diese Gegend zuerst oder zu zweit an die Reihe kommt, morgen eine andere, und alle gleichmäßig von größerer Frische Nutzen ziehen und von größerer Ermüdung leiden. Außerdem müssen die Untersuchungen in jeder Gegend der Empfindungsskala möglichst über die ganze Versuchsperiode hingezogen und nicht für gewisse Reizwerte erheblich früher abgeschlossen werden als für andere, damit sie alle auch wieder die Begünstigung wachsender Übung gleichmäßig erfahren.

4. Noch zwei Worte zum Abschluß und Zusammenschluß. Zugegeben, daß man in der Psychologie irgendwie experimentieren und direkt oder indirekt messen kann, wie weit darf man wohl hoffen mit solchen Hilfsmitteln in ihr zu kommen und welche Grenzen werden sich hier als dauernd unüberschreitbar herausstellen? Spekulationen hierüber, denen man manchmal begegnet, erscheinen mir müßig. Man wird so weit kommen als es ingeniösen Köpfen gelingt, die Mittel und Wege dazu zu finden. Aber die Richtung der Aufmerksamkeit auf die Sachen und nicht auf die Grenzen ist es, was dazu verhilft. Solange die Mittel zu irgendwelchen wesentlichen Fortschritten fehlten, haben sich diese regelmäßig dem Denken als ganz unfaßlich und sachlich unmöglich dargestellt. Sobald sie gefunden und in allgemeiner Anwendung waren, hat man sich ebenso regelmäßig gewundert, daß so einfache Dinge nicht früher entdeckt werden konnten. Daß es unmöglich sei, von der physikalischen oder gar der chemischen Konstitution der Sonne und der Fixsterne je etwas Zuverlässiges zu erfahren, war noch im Jahre 1859 eine jedermann einleuchtende Wahrheit, im Jahre 1860 eine ebenso einleuchtende Torheit.

Und wenige Jahre später fing man an, die Physiker zu tadeln, daß sie in der Beschränktheit ihres empirischen Treibens eine nach gewissen vorausgegangenen Entdeckungen im Grunde so nahe liegende Sache nicht eher bemerkt hätten. Dabei sind dann diejenigen, welche sich die Möglichkeit künftiger Fortschritte vorher gar nicht denken und sich über das verspätete Eintreten der geschehenen Fortschritte hinterher nicht genug wundern können, vielfach dieselben Leute, nämlich solche, die in einer gewissen Entfremdung von den Dingen selbst leben und von diesen und der Natur ihrer Verwickelungen keine eigene lebendige Anschauung, sondern nur aus sekundären Quellen Kenntnis haben. Treffend sagt Darwin (Descent of Man, Eingang): „Ignorance more frequently begets confidence than does knowledge: it is those who know little, and not those who know much, who so positively assert that this or that problem will never be solved by science."

Endlich dies: wir sind ausgegangen von Selbstbeobachtung und Beobachtung anderer als Methoden der Psychologie und haben dann von Experimenten und psychischen Messungen gesprochen, nach direktem und indirektem Verfahren. Wie verhält sich das alles zueinander? Haben die beiden von jeher gekannten und geübten psychologischen Methoden durch die neuen etwa andersartige Gesellschaft bekommen, oder sind sie gar in Gefahr, durch sie beiseite geschoben zu werden? Natürlich nicht. Experimentelle und Maßmethoden sind nicht neue Erkenntnismittel an Stelle der alten, sondern sie sind im Grunde das Alte selbst, nur dieses nicht mehr in primitiver und kunstloser, sondern in kunstvoller und sozusagen raffinierter Gestalt. Sie sind Formen der Selbstbeobachtung und Beobachtung anderer in einer besonderen Ausarbeitung und Zuspitzung, nämlich mit absichtlicher Herbeiführung bestimmter Umstände und mit möglichst genauer Präzisierung der Resultate.

So bleibt denn auch für sie, worauf besonderes Gewicht zu legen ist, das über die enge Zusammengehörigkeit von Selbstbeobachtung und Beobachtung anderer oben Gesagte durchaus in Kraft. Wer lediglich an anderen messend experimentiert, ohne einmal an dem eigenen Selbst zu erleben, was alles innerlich vorgeht bei solchen Experimenten, der gewinnt zwar Zahlen, die irgend etwas bedeuten mögen, aber worin diese Bedeutung besteht, bleibt ihm verschlossen. Er ist nicht Herr der Resultate und der Fülle von komplizierenden Momenten, die in ihnen zusammenwirken mögen. Um die Ergebnisse beurteilen und interpretieren zu können, ist es in der Regel unumgänglich, die Sache selbst durchgemacht zu haben. Wer aber allein an sich selbst experimentieren oder experimentieren lassen wollte,

unterliegt — ganz abgesehen von der Unmöglichkeit, so das Allgemeine und Individuelle voneinander zu sondern — der steten Gefahr, durch den Einfluß von Vorstellungen geäfft zu werden, die nach der Idee der Untersuchung eigentlich ausgeschlossen bleiben sollten, weil sie eben der Prüfung unterliegen, die aber nun gerade deshalb auch wieder nicht loszuwerden sind. Schon bei schwierigeren naturwissenschaftlichen Untersuchungen wird bekanntlich — unbeschadet der größten Gewissenhaftigkeit — verwunderlich häufig eben das bestätigt gefunden, was man erwartet hat. Bei psychologischen Dingen ist die Gefahr so groß, daß man fast als Regel aufstellen kann, alle Experimente, die behufs Bestätigung einer eigenen Theorie an dem eigenen Selbst angestellt wurden, für verdächtig zu halten. Unumgänglich sind sie, denn sie müssen die Interpretationsmittel liefern für die Beobachtung anderer. Aber ihren Resultaten kann nur insoweit etwa auch ein objektiver Wert beigemessen werden, als es möglich war, sie so anzustellen, wie wenn das Selbst ein anderer wäre und es sich also um die Beobachtung eines Fremden handelte.

Zweites Buch.

Vom Bau und den Funktionen des Nervensystems.

§ 7. Bau der Nerven.[1]

Das Nervensystem besteht in seinen letzten geformten Elementen aus zwei Arten von mikroskopisch kleinen Gebilden: *Ganglienzellen* und *Nervenfasern*. Jenes sind rundliche oder auch in mannigfache Fortsätze ausstrahlende protoplasmatische Körperchen mit verhältnismäßig großem Kern, das andere feine zylindrische Fasern, meist von größerer Länge und sich mehr oder weniger verzweigend, denen die charakteristische Fähigkeit zukommt, einen eigentümlichen Erregungsvorgang mit ziemlich großer Geschwindigkeit fortzuleiten. Diese beiden Arten von Elementen aber stehen nun in einer ganz bestimmten Beziehung zu-

[1] Unsere Kenntnisse von dem Bau der Nerven sowohl wie des Nervensystems haben sich etwa seit dem Beginn der 80er Jahre des 19. Jahrhunderts infolge der Entdeckung neuer Untersuchungsmethoden sehr wesentlich verändert und vervollkommnet. Alle älteren literarischen Darstellungen sind somit veraltet. Indes ist noch keineswegs eine volle Übereinstimmung der neugewonnenen Befunde sowie der darauf gegründeten neuen Anschauungen erzielt. Namentlich seit dem Ende der 90er Jahre ist ein lebhafter Streit entbrannt über den Grad der Selbständigkeit der von der Mehrzahl der Forscher in dem Nervensystem angesetzten letzten Einheiten. Die obige Skizze mußte diesem Stande der Dinge durch eine gewisse Zurückhaltung Rechnung tragen. Sie berücksichtigt außerdem, was man beachten wolle, nur die Verhältnisse bei Wirbeltieren. — Aus der äußerst umfangreichen Literatur sind hervorzuheben: Waldeyer, Über einige neuere Forschungen im Gebiete der Anatomie des Nervensystems. Deutsche med. Wochenschr. 1891 und sep. H. v. Lenhossék, Der feinere Bau des Nervensystems, 2. Aufl. 1895. Kölliker, Handbuch der Gewebelehre des Menschen, 6. Aufl., Bd. 2, 1. 1894. Apáthy, Das leitende Element des Nervensystems und seine Lagebeziehungen zu den Zellen. 1. Mittlg. Mitteilungen der zoolog. Station zu Neapel Bd. 12 S. 495. 1897. Nissl, Die Neuronenlehre und ihre Anhänger. 1903. Bethe, Allgemeine Anatomie und Physiologie des Nervensystems; (Kap. 1—13). 1903. (Mit ausführlichem Literaturverzeichnis.) — Der allmähliche Fortschritt des Wissens ist gut zu verfolgen in Edinger's Jahresberichten über die Anatomie des Zentralnervensystems in Schmidt's Jahrbüchern der gesamten Medizin.

einander: jede Zelle ist mit einer Nervenfaser und deren Verzweigungen zu einer Einheit verbunden, sie bilden zusammen einen kleinen, relativ selbständigen Elementarorganismus. Äußerlich meist so, daß die Faser an ihrem einen Ende mit der Zelle verwachsen ist; vielfach aber auch so, daß die Zelle in den Verlauf der Faser eingeschaltet ist und diese sich also nach zwei Seiten von ihr erstreckt. Solcher Einheiten, *Neurone* genannt, zählt das menschliche Nervensystem mehrere Tausende (vielleicht Zehntausende) von Millionen. Ob sie von vornherein als Einheiten entstehen, d. h. ob die Fasern in ganzer Länge aus den Zellen hervorwachsen oder sich zunächst selbständig bilden und dann mit den Fasern vereinigen, — ebenso, ob die einzelnen Einheiten anatomisch ganz unabhängig voneinander bleiben oder wieder teilweise miteinander verwachsen, ist zurzeit streitig. In der Funktion des Nervensystems aber bekundet sich jedenfalls die Einheitlichkeit und Selbständigkeit der Neurone durch mannigfache und unzweideutige Tatsachen.

Die Ganglienzellen sind von sehr verschiedener Größe. Die größten messen etwa $^1/_{10}$ mm im Durchmesser; man kann sie nach Isolierung aus dem umgebenden Gewebe eben noch mit bloßem Auge als feine Punkte erkennen. Die kleinsten, Körner genannt, gehen in ihren Dimensionen bis auf $^1/_{200}$ mm herab. Große und kleine Zellen zeigen in ihrer inneren Struktur sowohl wie in den äußeren Formen mannigfache Verschiedenheiten. Zweifellos hängen diese eng zusammen mit der verschiedenen Bedeutung und Funktion der Zellen; denn an bestimmten Stellen des Nervensystems findet man, auch bei verschiedenartigen Tieren, immer wieder dieselben Zellentypen. Aber welcher Art dieser Zusammenhang sein mag, ist noch völlig verborgen.

Die Verschiedenheiten der äußeren Form der Ganglienzellen sind zum Teil durch die Anzahl und Stellung ihrer Fortsätze bedingt. Einige der Haupttypen in dieser Hinsicht sind die folgenden vier. Bei zahlreichen und einigermaßen gleichförmig über den ganzen Leib der Zelle verteilten Fortsätzen gewährt das Ganze von der Fläche gesehen einen unregelmäßig sternförmigen Anblick (*multipolare Ganglienzellen*, Fig. 3). Bei einem zweiten Typus zeigen sich die Zellen auf dem Durchschnitt als spitzwinklige, gleichschenklige Dreiecke (*Pyramidenzellen*), mit einer Verteilung der Fortsätze, für die Fig. 4 charakteristisch ist. Vielfach sind statt einer größeren Anzahl überhaupt nur zwei Fortsätze vorhanden (*bipolare Zellen* Fig. 17 *f*, S. 189). Diese beiden gehen dann entweder an entgegengesetzten Seiten von der Zelle ab und verleihen ihr eine *spindelförmige* Gestalt. Oder sie sind kurz vor ihrer Vereinigung mit der Zelle untereinander verwachsen, so daß die Zelle ihnen als eine kleine gestielte Kugel seit-

lich ansitzt und scheinbar nur einen einzigen (T-*förmigen*) Fortsatz besitzt (*unipolare Zellen*. Schematisch Fig. 13 *D*, S. 133).

Aus Zellen der letztgenannten beiden Arten bestehen zahlreiche Zellenkolonien, die beiderseitig dicht neben Rückenmark und Gehirn liegen (*Spinalganglien und Kopfganglien*). Der eine Fortsatz jeder Zelle erstreckt sich aus diesen Ganglien regelmäßig bis in die Peripherie, z. B. die Haut, der andere zentralwärts, ins Rückenmark oder ins Gehirn; die Zelle bildet für beide nur eine Art Durchgangsstation. Im Gehirn und Rückenmark selbst überwiegen dagegen bei weitem Zellen der beiden ersterwähnten Typen, also multipolare und Pyramidenzellen, beide mit zahlreichen Fortsätzen.

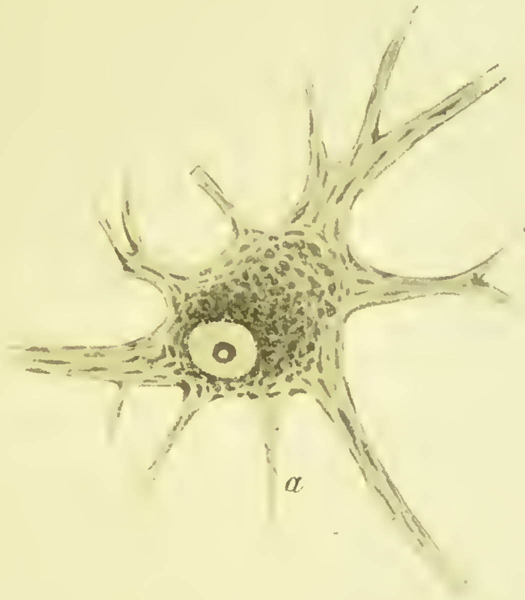


Fig. 3. Multipolare Ganglienzelle (Nisslfärbung; *a* Achsenzylinderfortsatz).

Diese Fortsätze (der beiden ersten Zelltypen) aber sind nun, wie schon aus dem zu Eingang Gesagten hervorgeht, nicht alle gleichwertig. Einer von ihnen ist allemal die mit der Zelle verbundene erregungsleitende Nervenfaser (*Achsenzylinderfortsatz, Nervenfortsatz*), die durch ihre Feinheit und durch ihr abweichendes Verhalten bei künstlichen Färbungen der Zelle meist leicht zu erkennen ist (*a* in Fig. 3). Einen davon verschiedenen, aber untereinander durchweg gleichartigen Charakter haben die zahlreichen übrigen Fortsätze (*Protoplasmafortsätze, Dendriten*). In ihrem Bau und ihrem Verhalten gegen Reagentien zeigen sie eine große Ähnlichkeit mit der Ganglienzelle selbst; sie sind gleichsam als feine Ausweitungen des Zellleibes zu betrachten. Sie enden meist in der nächsten Umgebung der Zelle, sind also, ver-

glichen mit dem Nervenfortsatz, nur kurz, dafür aber meist stärker als dieser. Vor allem sind sie in der Regel sehr reich dichotomisch verästelt; stellenweise entwickeln sie sich zu einem geradezu erstaunlichen Flechtwerk von feinen und feinsten Verzweigungen (Fig. 5). Will man ein Bild, so gleicht der Bau einer solchen fortsatzreichen Ganglienzelle einigermaßen dem einer Pflanze. Die Zelle mit den Dendriten entspricht der Wurzel mit den Wurzelfasern: der Achsenzylinderfortsatz mit seinen Verästelungen bildet das Analogon des



Fig. 4. Pyramidenzelle aus der Großhirnrinde des Menschen (Golgifärbung; *a* Achsenzylinderfortsatz mit Kollateralen).



Fig. 5. Purkinjesche Zelle aus der Kleinhirnrinde (Golgifärbung).

Stengels und der Zweige. (Wie sich die bipolaren und unipolaren Zellen, denen anscheinend die Dendriten fehlen, dieser Anschauung fügen, wird sogleich zur Sprache kommen.)

Über den inneren Bau der Ganglienzellen ist seit etwa 10 Jahren einiges bekannt. Mit gewissen Färbungsmethoden findet man sie von sehr verschieden gestalteten schollenartigen Gebilden angefüllt (nach ihrem Entdecker *Nissl-Schollen* genannt), die selbst wieder aus feinen Körnchen bestehen (Fig. 3). Ob sie eine auch während des Lebens

der Zelle vorhandene Struktur wiedergeben, ist zweifelhaft. Da sie aber bei gleicher Behandlungsweise gleichartiger Zellen sich immer in gleicher Beschaffenheit wiederfinden und bei krankhaften Vorgängen an den Zellen sich stets in bestimmten Weisen ändern, sind sie jedenfalls Äquivalente von etwas, was auch für die lebende Zelle von Bedeutung ist. Die Schollen lassen durchweg kleine Felder und schmale Gänge zwischen sich frei, und in diesen hat man mit anderen Färbungsmethoden äußerst feine die Zelle durchziehende Fibrillen nachgewiesen. In einzelnen Zellentypen (z. B. den Spinalganglienzellen) bilden diese ein feines Netzwerk innerhalb der Zelle; in den meisten aber ziehen sie glatt durch sie hindurch, indem sie sich nur in kleine Bündel teilen, die die verschiedenen Fortsätze miteinander in Verbindung bringen (Fig. 6).



Fig. 6. Ganglienzelle aus dem Vorderhorn des Rückenmarks vom Menschen, auf Fibrillen gefärbt (nach Bethe).

An ihrer äußeren Oberfläche endlich sind die Ganglienzellen der nervösen Zentralorgane (Gehirn und Rückenmark) nebst ihren sämtlichen Dendriten übersponnen von einem feinmaschigen und eng anliegenden Netz (*pericelluläres* oder *Golgi-Netz*), an dessen Knotenpunkten man gelegentlich jene das Innere durchziehenden Fibrillen hat endigen sehen.

Die Nervenfaser besteht im wesentlichen aus einem weichen, in seiner ganzen Länge zusammenhängenden Faden, dem sogenannten *Achsenzylinder*. Dieser aber ist trotz seiner Feinheit kein strukturloses, d. h. in seiner ganzen Masse gleichförmiges Gebilde. Er besteht vielmehr, wie neuerdings mit voller Sicherheit nachgewiesen ist, aus

einem Bündel feinster Fibrillen (*Neurofibrillen*) von der Art der die Ganglienzellen durchziehenden, die völlig unverzweigt parallel zu seiner Längsrichtung verlaufen und einer homogenen nahezu flüssigen Grundsubstanz eingebettet sind (Fig. 7). Abgesehen von einem kurzen Stück direkt an ihren Ursprungszellen sind nun die Achsenzylinder meist noch mit besonderen Hüllen umkleidet. Die eine, *Markscheide* genannt, wird von einer zähflüssigen stark lichtbrechenden Substanz gebildet. Sie findet sich bei den überwiegend meisten Nervenfasern der höheren Tiere; bei den Wirbellosen dagegen fehlt sie. Die andere Hülle (*Schwannsche Scheide*) kommt nur außerhalb der nervösen Zentralorgane vor und besteht in einer sehr feinen gleichförmigen Membran, die lediglich behufs besseren Schutzes da zu sein scheint. An bestimmten Stellen des Nervensystems finden sich beide Umkleidungen gleichzeitig, und zwar immer so, daß der Achsenzylinder zunächst von der Markscheide und diese dann von der Schwannschen Scheide umschlossen ist. An anderen Stellen dagegen besitzen die Achsenzylinder nur Markscheiden, wieder an anderen nur Schwannsche Scheiden. Bei den meisten peripheren Nerven finden sich alle überhaupt möglichen Kombinationen an ein und demselben Element verwirklicht. Die Nervenfaser entspringt aus ihrer Ganglienzelle zunächst als nackter Achsenzylinder, umkleidet sich weiterhin mit Mark und bei ihrem Heraustreten aus den Zentralorganen mit einer Schwannschen Scheide. Nach längerem Verlauf in dieser vollständigen Gestalt verliert sie dann erst das Mark, hierauf die Schwannsche Scheide, um wieder als nackter Achsenzylinder zu endigen.



Fig. 7. Längsschnitt einer markhaltigen Nervenfaser mit gefärbten Fibrillen (nach Bethe). *a* Markscheide, *s* Schwannsche Scheide.

Die Querdimensionen der Nervenfasern sind sehr gering; ihr Durchmesser variiert etwa von $^1/_{40}$ bis $^1/_{500}$ mm. Natürlich kommt von dieser Dicke wieder nur ein Teil auf den Achsenzylinder, und die in diesem verlaufenden Neurofibrillen stehen daher, wie begreiflich, an der Grenze des mikroskopisch Sichtbaren. In der Länge dagegen erreichen die Nervenfasern größere Dimensionen als irgendwelche anderen Elementargebilde des Organismus. Bei einzelnen Zelltypen endigen sie allerdings schon nach ziemlich kurzem Verlauf, aber dafür werden sie an anderen Stellen fast 1 Meter lang, indem sie sich z. B. vom Nacken bis in die Finger oder vom Lendenmark bis in die Zehen erstrecken.

Durchweg ist dabei nun der Verlauf der Fasern, wie gleich eingangs bemerkt, kein ungeteilter von Anfang bis zu Ende; vielmehr verzweigen sie sich zahlreiche Male. Bisweilen so, daß die Faser sich in zwei annähernd gleichwertige Äste spaltet; überwiegend aber so, daß sie mit Beibehaltung ihrer Hauptrichtung annähernd rechtwinklig zu dieser ab und zu feinere Seitenäste (*Kollateralen*) aussendet. Durch diese wichtige Einrichtung kann eine einzelne Ursprungszelle mit ganz verschiedenen anderen Gebieten des Nervensystems gleichzeitig in Verbindung stehen.

An dem der Zelle abgewandten Ende der Nervenfaser und ihrer sämtlichen Verästelungen verlieren sich, wie eben gesagt, die Markscheide und Schwannsche Scheide und der verbleibende Achsenzylinder endigt, indem sich die in ihm enthaltenen Fibrillen pinselartig aufsplittern oder baumartig verästeln. (*Endbäumchen, Endpinsel.* Fig. 8. Schematisch Fig. 10 *B, F, G*; S. 124.) Die letzten Verzweigungen treten dann in enge Beziehungen zu anderen Gebilden. Auf Muskelfasern sitzen sie breit auf, wie die Beine eines plattgeschlagenen

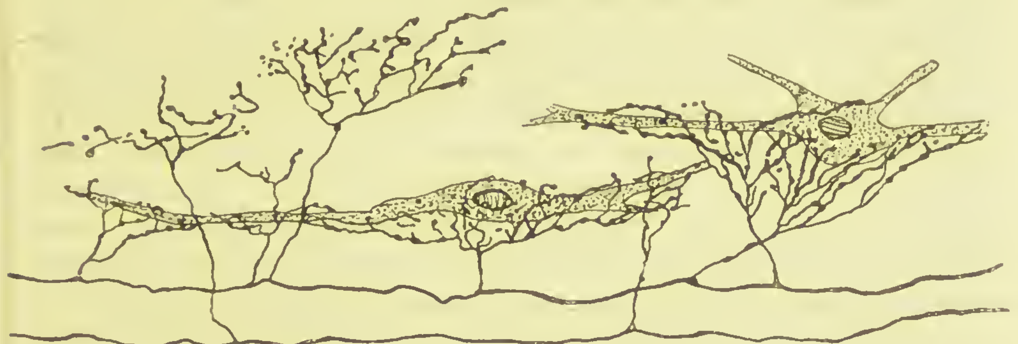


Fig. 8. Hinterstrangfasern des Rückenmarks mit Kollateralen und Endbäumchen (nach Ramon y Cajal).

Insekts; sensible Endapparate umspinnen und umwickeln sie korbartig; Ganglienzellen und ihre Protoplasmafortsätze umspinnen sie gleichfalls in dichten Geflechten, oder sie durchschlingen und verfilzen sich allein mit den Fortsätzen. Ob sie sich dabei den anderen Gebilden bloß innig anlagern oder direkt in anatomische Kontinuität mit ihnen treten, ist streitig. Jedenfalls ist der Zusammenhang so enge, daß durch diese Endverästelungen der Nervenfasern die verschiedenen Neurone sowohl untereinander in Verbindung gebracht wie auch mit den übrigen Gewebseinheiten des Körpers verknüpft werden, zu denen sie Beziehungen haben. Die eigentümliche Veränderung, in der die nervöse Erregung besteht, wird durch ihre Vermittelung teils ausgestrahlt auf andere Elemente, teils aus der Umgebung gleichsam aufgesogen und der Nervenfaser zugeführt.

Unter Berücksichtigung der terminalen Aufsplitterung der Achsenzylinder kann man nun den oben berührten Unterschied zwischen multipolaren Ganglienzellen (mit vielen Dendriten und einem Nervenfortsatz) und bipolaren Zellen (ohne Dendriten, aber mit zwei Nervenfortsätzen) so deuten. Jede Zelle hat eine doppelte Funktion: sie nimmt Erregungen auf und sie strahlt Erregungen aus. Beides geschieht durch Vermittelung feinster Verzweigungen. Befindet sie sich nun an eben der Stelle, wo die von ihr zu verarbeitenden Reize einwirken können, so besorgt sie die Erregungsaufnahme durch die von ihrem Leibe direkt ausgehenden Dendriten und die Erregungsausstrahlung durch ihren Nervenfortsatz mit seinen Kollateralen und Endbüscheln. So verhält es sich im allgemeinen innerhalb des Gehirns und Rückenmarks. Unter Umständen aber kann es unzweckmäßig sein, daß die Zelle selbst an den Ort der Reizeinwirkung gerückt wird, weil sie hier zu leicht äußeren Schädigungen ausgesetzt wäre. So z. B. an der Peripherie des Körpers. Bei den primitiveren Formen niederer Tiere liegen auch hier die reizaufnehmenden Nervenzellen einfach da, wo der Reiz auftrifft, also in der Haut. Bei allen höheren Tieren aber sind sie von dieser exponierten Stelle weggerückt und sicher im Inneren des Körpers geborgen. Damit müssen aber natürlich auch die den Reiz aufnehmenden Protoplasmafortsätze von der Zelle wegrücken, und sie kommen nun an das Ende eines besonderen Fortsatzes zu sitzen, den die Zelle nach außen streckt. Sie hat dann also keine Dendriten, aber zwei Fortsätze, von denen einer, wie gewöhnlich, die Erregung nach außen von ihr wegführt, der andere aber infolge besonderer Umstände zu ihr hinleitet.

An und für sich sind die Nervenfasern farblos und durchsichtig. Wo sie daher in größeren Massen zusammenliegen, erscheint das ganze Gewebe in weißer Färbung, wie überall wo sehr kleine durchsichtige Teilchen in größeren Mengen angehäuft sind (Schaum, Schnee). Größere Anhäufungen von Ganglienzellen (die natürlich immer durchsetzt sind von Nervenfasern) zeigen dagegen einen rötlich-grauen Ton, der teils von einem in den Zellen enthaltenen Pigment, teils von ihrer überaus reichlichen Versorgung mit feinsten Blutgefäßen herrührt. Man unterscheidet daher die betreffenden Gewebe als *weiße* und *graue* Nervensubstanz voneinander. Abgesonderte Stränge von einigen Tausend gleichlaufenden Nervenfasern heißen *Nerven;* einen abgesonderten Komplex von Ganglienzellen inmitten von Fasermassen bezeichnet man als *Ganglion* oder grauen Kern.

Außer weißer und grauer Nervenmasse enthalten die Zentralorgane noch eine dritte Substanz von ganz anderem Bau und anderen

Funktionen. Ganglienzellen und Nervenfasern liegen nämlich hier nicht einfach aufeinander und nebeneinander gepackt, sondern sie sind einem sie tragenden und stützenden Gewebe eingebettet (*Neuroglia*), das, wenn man sich alles Nervöse wegdenkt, etwa einem großen, aber äußerst feinporigen Schwamm gleichen würde. Es besteht aus zahllosen feinen Fasern, die sich innig durchflechten und so ein dichtes Netz bilden. Bei der ersten Anlage des Organismus entwickelt sich das Gliagerüst etwas früher als seine nervöse Ausfüllung, und es wird dadurch vielfach formbestimmend für den Ort, an dem sich die Ganglienzellen ablagern und die Richtung, in der die Nervenfasern auswachsen.

Die enge Zusammengehörigkeit und Einheitlichkeit der zu einem Neuron verbundenen Ganglienzelle und Nervenfaser kommt vor allem in gewissen Absterbeerscheinungen zum Ausdruck: beide sind für ihre dauernde Existenz durchaus aufeinander angewiesen.

Durchschneidet man einen Nerven, so zeigt das von den zugehörigen Zellen abgetrennte Stück schon nach wenigen Tagen von der Schnittstelle ausgehende allmähliche Veränderungen (*Sekundäre* oder *Wallersche Degeneration*). Der Nerv wird welk und glanzlos; seine spezifische Funktion, die Leitungsfähigkeit, geht vollständig verloren. Unter dem Mikroskop erkennt man, daß die Markscheiden seiner einzelnen Fasern anschwellen, erst in unregelmäßige Stücke und weiter in kleine Tröpfchen zerfallen, die dann nach längerer Zeit verschwinden. Die Achsenzylinder zerbröckeln gleichfalls; ihre Fibrillen werden zu kleinen Körnchen; diese lösen sich in dem umgebenden Plasma, und das Ganze wird allmählich aufgesogen. Anscheinend geht also der Faser infolge ihrer Abtrennung von der Zelle etwas verloren, was ihr sonst aus dieser zugeführt wird und mit dessen Fehlen sie entartet und abstirbt. Die Zelle besorgt, wie man vermutet, die eigentliche Ernährung der Faser; sie ist das trophische Zentrum des Neurons. Damit stimmt es vollkommen überein, daß die graue, also zellenhaltige Nervensubstanz sehr reichlich von Blut durchströmt wird, während die bloß Fasern enthaltenden weißen Partien, namentlich die peripheren Nervenstämme, verhältnismäßig arm an Blutgefäßen sind.

Gleichwohl aber ist nun die Zelle in ihrem Verhältnis zur Faser keineswegs allein der gebende Teil. Sondern nach jener Abtrennung der Faser wird auch sie in Mitleidenschaft gezogen, und zwar mehr oder weniger stark, je nachdem ihr ein kleineres oder größeres Stück der Faser gelassen wird. Schon einen Tag nach der Verletzung zeigen die betroffenen Ganglienzellen Veränderungen der Nisslschollen und des Kerns, an denen viele von ihnen im Verlauf einiger Wochen zugrunde gehen. Indes die meisten erholen sich hiervon noch einmal und gewinnen wieder ein normales Aussehen. Bleiben sie aber dann dauernd ihrer Fasern beraubt, so fangen sie allmählich an, chronisch zu *atrophieren* und nach Ablauf einiger Monate (oder auch Jahre) sind sie verschwunden. Anscheinend muß die Zelle dauernd funktionieren, um nicht zu verkümmern. Wird ihr dies unmöglich gemacht oder erschwert durch einen Eingriff in ihr wichtigstes Organ, die Nervenfaser, so schwindet sie, ganz ähnlich wie andere Organe, namentlich die Muskeln, durch Nichtgebrauch schwinden.

§ 8. Funktion der Nerven.

Die eigenartige Funktion der nervösen Elementarorganismen besteht in der schon mehr erwähnten Erregungsleitung, d. h. in der Fortpflanzung einer eigentümlichen, durch Reize hervorgebrachten Veränderung von einem Ende des Elementes zum anderen und damit unter Umständen von einem Organ des Körpers zu einem anderen. Die verschiedenen Glieder dieser Bestimmung, die Leitung, die Reizung und die Erregung, sowie einige Beziehungen zwischen ihnen müssen uns etwas im einzelnen beschäftigen.

1. Die Leitung. Erstes Erfordernis für sie ist die anatomische Kontinuität und Unversehrtheit der Nervenbahn. Durchschneidung eines Nerven hebt die Fortpflanzung der Erregung auf, selbst wenn die Schnittstellen wieder dicht aneinander gefügt werden. Dasselbe gilt von Unterbindung, Quetschung und sonstigen Schädigungen des Nerven. Diese Tatsache ist schon in gewisser Weise orientierend für das Wesen des fortgeleiteten Vorganges. Er darf offenbar nicht mit den physikalischen und chemischen Kategorien aufgefaßt werden, die sich allerdings der Vergleichung zunächst darbieten. Für die Fortpflanzung der Elektrizität, Wärme oder auch der Explosion in einem Pulverfaden genügt die bloße Berührung der leitenden Teilchen. Beim Nerven ist mehr erforderlich; er ist ein lebendes Wesen, und so ist auch die Erregungsleitung als eine Lebenserscheinung aufzufassen.

Die Fortpflanzung der Erregung geschieht in jeder Faser isoliert (Gesetz der isolierten Leitung), worauf alle feinere Lokalisation von Empfindungen und Bewegungen beruht. Soweit die Faser sich verzweigt, verläuft natürlich der fortgeleitete Prozeß auch die Kollateralen entlang, aber er durchschlägt nicht etwa die Markhülle, um auf benachbarte Fasern überzuspringen. Vielmehr findet alle Übertragung auf andere Leitungsbahnen nur durch Vermittelung der Endorgane des nervösen Elementes statt, also durch Vermittelung der Endbäumchen einerseits und der Ganglienzelle andererseits.

Wie sich an ausgeschnittenen Nerven beobachten läßt, besitzt die Nervenfaser an und für sich die Fähigkeit, in jeder Richtung zu leiten. Ob indes von diesem doppelsinnigen Leitungsvermögen in dem Organismus Gebrauch gemacht wird, ist sehr fraglich. Es könnte dann nur innerhalb des Gehirns sein, dessen verwirrender Faserreichtum noch kein bestimmtes Urteil in dieser Hinsicht gestattet. Bei den peripheren Nerven ist es sicher nicht der Fall. Die

nervösen Elemente bekommen hier infolge ihrer Lagerung und der mit ihnen verbundenen Endapparate die erforderlichen Reize nur an einem Ende zugeführt; sie sind tatsächlich darauf angewiesen, immer nur in einer Richtung zu leiten. Diese Leitungsrichtung ist dabei nicht notwendig überall dieselbe in ihrer Beziehung zur Zelle. Bei gewissen Neuronen, den motorischen Nerven, geht sie von der Zelle fort zu den Endbäumchen der Faserverzweigungen hin, d. h. also, falls die Faser aus der Zelle hervorgewachsen ist, in ihrer ursprünglichen Wachstumsrichtung. Bei den bipolaren Zellen dagegen und den Zellen der Spinalganglien geschieht die Leitung, wie schon oben erwähnt, gleichzeitig zur Zelle hin und von der Zelle fort. Der eine Fortsatz nimmt die Erregungsvorgänge an der Körperperipherie auf und übermittelt sie der Zelle, und der andere leitet sie von dieser dann weiter in die Zentralorgane.

Über die Geschwindigkeit der Erregungsleitung in den Nervenfasern hatte man noch in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, verleitet durch die scheinbare „Blitzesschnelle" von Reflexbewegungen und Gedanken, sehr übertriebene Vorstellungen. In den fünfziger Jahren gelang es Helmholtz, sie zu messen, und er fand, daß sie keineswegs so außerordentlich groß, vielmehr im Vergleich z. B. mit den Fortpflanzungsgeschwindigkeiten von Licht und Elektrizität sogar ungemein gering ist. Absolut zuverlässige Werte sind noch nicht für alle in Betracht kommenden Bedingungen ermittelt; in runden Zahlen bewegt sie sich beim Menschen zwischen 30 und 60 Meter in der Sekunde. In ihren kleinsten Beträgen ist sie also von der Größenordnung der höchsten Schnellzugsgeschwindigkeiten. Die Verschiedenheiten beruhen zum Teil auf dem Einfluß der Temperatur. Bei höherer Temperatur und somit auch bei Warmblütern ist die Geschwindigkeit größer als bei niederer Temperatur und bei Kaltblütern. Bei niederen Tieren, z. B. Mollusken, sinkt sie auf ganz geringe Werte, 1 m und weniger, bis herab auf wenige Zentimeter.

Geht die Erregung durch graue Substanz, so wird sie erheblich langsamer fortgepflanzt, als wenn sie bloß in Faserzügen entlang läuft. Eine bestimmte Muskelzuckung z. B. bei einem Hunde, die von der Großhirnrinde aus in 80 σ (Tausendstel Sekunden) hervorgerufen wurde, entstand nach Abtragung der Rinde von den darunter liegenden Fasermassen aus bereits in 35 σ (Heidenhain). Zugleich pflanzt sich bei der Einschaltung grauer Substanz die Erregung rascher fort bei stärkeren Reizen, langsamer bei schwächeren, während für die Fortpflanzung in Fasern allein ein solcher Unterschied nicht sicher nachgewiesen ist. Beides zusammen weist darauf hin, daß in den Ganglienzellen das Entstehen des Erregungszustandes gewissen Widerständen

begegnet, die in den Fasern fehlen und die durch kräftigere Anstöße rascher überwunden werden als durch mattere.

2. Die Reizung. Die Hervorrufung des Erregungsvorganges ist bei ausgeschnittenen Nerven an jeder Stelle ihres Verlaufes möglich. Die verschiedensten Mittel sind dazu dienlich: mechanischer Druck oder leichtes Klopfen, chemische Einwirkungen von Säuren oder Metallsalzen, Temperaturerhöhung oder -erniedrigung, endlich und namentlich die Elektrizität, die ein besonders wirksames und zugleich besonders bequemes Agens für die künstliche Nervenreizung bildet und daher ganz überwiegend benutzt wird.

Unter den natürlichen Verhältnissen, im Organismus, findet die Erregung der nervösen Elemente nur von den Endorganen aus statt, also entweder von der Ganglienzelle oder von den Endbäumchen der Faserverzweigungen aus. Im Inneren des Nervensystems wirken dabei als Reize für das eine Nervenelement die gewissermaßen ausstrahlenden Erregungen anderer Elemente in seiner Umgebung. An der Peripherie dagegen, zu der nicht nur die äußere Körperperipherie, sondern auch die Oberflächen innerer Organe gehören, empfangen die Nerven ihre Reizung wieder von den verschiedenartigsten äußeren Vorgängen. Vielfach allerdings greifen diese nicht direkt an den Nervenendigungen an, sondern erst durch Vermittelung von mancherlei eingeschalteten Medien und Zwischenapparaten, durch die ihre Form geändert wird. Was mit oder ohne solche Umformungen schließlich zur Einwirkung auf die Nerven gelangt, sind dreierlei verschiedenartige Vorgänge:

a) Mechanischer Druck, Stoß und Reibung. Hierher gehören die Tastreize der äußeren Haut, ferner die Verschiebungen der Teile aneinander in den Gelenken, sowie nach einigen Umformungen die Schallreize im Ohr.

b) Molekularbewegungen, in Gestalt der Temperaturreize.

c) Chemische Einwirkungen, direkt als Geschmacks- und Geruchsreize, indirekt, unter Einschaltung von Zwischenprozessen, bei der Einwirkung von Licht, Elektrizität und vielleicht auch strahlender Wärme.

Besonders kräftig wirken alle diese Reize, wenn sie mit einer gewissen Plötzlichkeit zur Einwirkung auf die Nerven gelangen, und wenn sie also bei längerem Bestehen nicht gleichmäßig andauern, sondern intermittieren oder doch in ihrer Stärke schwanken. Ein konstanter elektrischer Strom z. B. wird unter Umständen gar nicht empfunden und ruft auch keine Muskelzuckung hervor. Derselbe Strom aber, in eine Reihe von Induktionsschlägen verwandelt, erzeugt heftigen Schmerz oder kräftige Muskelkontraktion. Bei den zu den

Muskeln führenden Nerven gelingt eine direkte Erregung überhaupt nicht anders als durch plötzliche und intermittierende Reizung. Die Sinnesnerven vermitteln uns freilich, wie jedermann weiß, auch Empfindungen des Ruhenden und gleichmäßig Dauernden. Aber auch hier ist plötzliches Eintreten der Reizung immer noch ein begünstigendes Moment für die Größe des Effektes. Ein durch die Augen geleiteter elektrischer Strom z. B. wird dauernd als Helligkeit empfunden, aber im Augenblick der Schließung ist diese Empfindung besonders stark. Die intensive Wirkung eines flackernden Lichtes, einer kitzelnden Berührung und anderer intermittierender Reize hängt gleichfalls damit zusammen.

3. Beziehungen zwischen Reiz und Erregung. Daß die Größe der nervösen Erregung abhängt von der Stärke des einwirkenden Reizes, ist nach jedermann geläufigen Erfahrungen selbstverständlich. Aber welche bestimmte Beziehung hier besteht, wie sie genauer zu formulieren ist, ist noch wenig bekannt (s. § 46, 2).

Auch von dem Ort der Reizung ist der Erregungserfolg mitbedingt, davon nämlich, ob der Reiz das nervöse Element an seiner Zelle oder der Faser angreift. Der vorhin erwähnte Widerstand der Ganglienzellen gegen das Eintreten des Erregungszustandes macht sich nicht nur durch eine Verzögerung der Fortleitung, sondern auch durch eine Verringerung der Erregungsgröße bemerkbar. Eine von der grauen Substanz aus bewirkte Muskelzuckung ist etwas schwächer und verläuft etwas träger als eine durch den gleichen Reiz von den motorischen Nerven aus hervorgerufene.

Naturgemäß müssen alle Reize, um eine wahrnehmbare Erregung hervorzubringen, ein gewisses Mindestmaß von Stärke haben. Bleiben sie dahinter zurück, so erregen sie den Nerven nicht. Von Bedeutung ist nun aber, daß auch in einem solchen Falle ihre Wirkungen nicht einfach gleich Null sind. Sondern wenn mehrere an sich unwirksame Reize in kurzen Intervallen (d. h. mit wenigen Sekunden oder Bruchteilen von Sekunden Zwischenzeit) aufeinanderfolgen, so bringen sie gleichwohl schließlich eine Erregung zustande. Dieser Erfolg wird um so eher erreicht, je stärker die Einzelreize an sich schon sind und je kürzer die zwischen ihnen verfließenden Intervalle. Es findet also eine Summation der Reize statt; jeder einzelne bewirkt, auch ohne daß äußerlich etwas davon zutage tritt, eine Zustandsänderung des Nerven, die eine Weile vorhält und die Wirkung der späteren unterstützt. Auch Reize, die an und für sich schon wirksam sind, summieren sich bei schneller Aufeinanderfolge. Die vorangehenden begünstigen die Wirkung der nachfolgenden, und die Erregungen

werden trotz gleichbleibender Reizintensität immer stärker bis zu einem gewissen Maximum. Bei den durch die Nerven vermittelten geistigen Erscheinungen findet sich Entsprechendes. Ein an sich nicht fühlbarer Induktionsschlag gibt bei Wiederholung in kurzen Intervallen eine merkliche und sich steigernde Empfindung, die bei sehr kurzen Intervallen eine unangenehme Stärke erlangen kann.

Läßt man stärkere Reize sehr lange Zeit hindurch in unmittelbarer Aufeinanderfolge auf den Nerven wirken, so tritt gerade das Gegenteil der Erscheinung der Summation ein. Die Wirkungen der späteren Reize werden nicht verstärkt durch die Nachwirkungen der früheren, sondern vielmehr geschädigt und abgeschwächt; der Nerv ermüdet, wie man sich metaphorisch ausdrückt. Man hat neuerdings durch direkte Beobachtung nachweisen können, daß diese Erscheinung mit bestimmten Veränderungen der Ganglienzellen zusammenhängt. Bei anhaltender Tätigkeit verschwinden aus den Zellen, namentlich aus ihren Kernen, verschiedene Materialien, die sich durch bestimmte Färbungsmethoden leicht sichtbar machen lassen; während der Ruhe werden diese Materialien wieder angesammelt. Zugleich bilden sich infolge der Tätigkeit kleine Hohlräume innerhalb der Zelle; der Kern schrumpft und verliert seine regelmäßige Gestalt, während im Ruhezustande alles allmählich wieder zur Norm zurückkehrt. Ob auch die Nervenfasern von solchen Ermüdungsvorgängen betroffen werden, ist dagegen fraglich. Reizt man einen Muskel längere Zeit hindurch von dem daransitzenden (und von seinen Ursprungszellen abgetrennten) Nerven aus, so werden seine Zuckungen allmählich schwächer und erschöpfen sich schließlich. Narkotisiert man nun aber den Muskel, sodaß er unerregbar wird, und reizt dann den Nerven stundenlang ununterbrochen bis zum Verschwinden der Narkose, so erfolgen jetzt die Zuckungen in ähnlicher Stärke wie bei einem frischen Nervmuskelpräparat. Die sonst zu beobachtende Erschöpfung fällt also hier nicht den Nervenfasern, sondern dem Muskel zur Last.

Abgesehen von den erwähnten Umständen, der Stärke der Reizung, dem Ort ihres Angriffs, der Häufigkeit ihrer Wiederholung, hängt die Größe der Erregung noch ab von wechselnden inneren Zuständen der nervösen Elemente, die ihrer eigentlichen Beschaffenheit nach unbekannt sind und insgesamt als *Erregbarkeit* bezeichnet werden. In dieser Hinsicht sei nur eine Eigentümlichkeit erwähnt, die in elementarster Gestalt eine Erscheinung des höheren Seelenlebens vorzubilden scheint. Absterbende, austrocknende oder schlecht ernährte Nerven zeigen nicht, wie man erwarten sollte, eine verminderte, sondern zunächst vielmehr eine erhöhte Reizbarkeit. Erst im weiteren Verlauf der zerstörenden Prozesse tritt schließlich natürlich

auch ein Erlöschen der Erregbarkeit ein. Dem pathologisch veränderten Nerven geht also zunächst die richtige Proportion zwischen Erregungsgröße und Reizstärke verloren; er verpufft sozusagen in zu starkem Maße. An einem ausgeschnittenen Nervmuskelpräparat z. B. rufen gleichstarke Reize von dem durchschnittenen und zuerst absterbenden Nervenende aus stärkere Kontraktionen hervor als von einer weiter zum Muskel hin gelegenen Stelle, obwohl die Erregung von dort einen längeren Weg zu durchlaufen hat als von hier. In diesem Verhalten haben wir vielleicht, wie gesagt, das Elementarphänomen für bekannte Erscheinungen des höheren Seelenlebens. Auch hier zeigt sich erhöhte Erregbarkeit sehr häufig verbunden mit pathologischen und Schwächezuständen des Nervensystems (reizbare Schwäche), so z. B. bei der sogenannten Nervosität, im Beginn geistiger Krankheiten, bei den Visionen der Asketen, den Hungerdelirien u. a.

4. Wesen der Erregung.[1] Die Hauptsache wäre nun, anzugeben, worin der vielerwähnte Erregungszustand der Nerven, der durch die Reize hervorgerufen und in den Fasern fortgeleitet wird, eigentlich besteht. Darüber aber müssen wir eine bestimmte Auskunft zurzeit leider schuldig bleiben; wir wissen es nicht. Wir können mit Sicherheit nur verschiedene Vorstellungen zurückweisen, die man von dem Wesen der Erregung nacheinander gehabt hat, die aber als unzutreffend erkannt sind.

Bei ersten Spekulationen pflegt man sich alle organischen Verhältnisse zu einfach zu denken. So betrachtete man im 17. und 18. Jahrhundert die Nerven meist als bestehend aus feinen Röhrchen, in denen ein feines Fluidum, der Nervengeist, sich leicht entlang bewegte oder äußerst rapide und feine Wellenbewegungen vollführte. Der Nerv wäre also gewißermaßen ein feiner hydraulischer Klingelzug, in dem durch Druck oder Stoß am einen Ende eine Flüssigkeitssäule etwas erschüttert und diese Bewegung dann zum anderen Ende fortgepflanzt würde. Die ganze Vorstellung erledigt sich durch die oben mitgeteilten Tatsachen über den Bau der nervösen Elemente und ihre Verbindungen untereinander, von denen man eben damals nichts wußte.

Seit der Mitte des 18. Jahrhunderts kam mehr und mehr die Ansicht auf, daß das vermutete Nervenfluidum identisch sei mit dem von den Physikern vorausgesetzten elektrischen Fluidum, und daß die nervöse Erregung in einer elektrischen Entladung bestehe, etwa wie bei der Leydener Flasche. Zwar wendete schon A. v. Haller gegen

[1] L. Hermann, in s. Handb. der Physiologie II, 1 S. 184. Bethe, Kap. 14 des S. 101 Anm. genannten Buches.

diese Hypothese treffend ein, daß den Nerven eine Isolierungsvorrichtung fehle, um die elektrische Entladung in einer bestimmten Bahn zu erhalten, und daß ferner die nervöse Erregung durch eine Unterbindung des Nerven aufgehoben werde, die den elektrischen Strom nicht störe; aber die Meinung, daß zwischen diesen beiden Mysterien eine innere Verwandtschaft bestehe, wurde dadurch nicht beseitigt. Vielmehr erwuchsen ihr durch die Entdeckungen Galvani's um die Zeit der französischen Revolution, später durch die Erfindung des elektrischen Telegraphen und manches andere immer neue scheinbare Stützen. Die populäre Vergleichung der Nerven mit Telegraphendrähten oder vielmehr mit Telegraphenkabeln und der Ganglienzellen mit Zentralstationen oder Relais entstammt jener Vorstellung. In den vierziger Jahren des 19. Jahrhunderts glaubte Du Bois-Reymond „den hundertjährigen Traum der Physiker und Physiologen von der Einerleiheit des Nervenwesens und der Elektrizität . . . zu lebensvoller Wirklichkeit erweckt zu haben" durch die erste tatsächliche und einwandfreie Aufzeigung elektrischer Vorgänge in dem nervösen Gewebe; aber nicht viele Jahre nachher war auch diese Anschauung unhaltbar geworden. Die Entdeckung von der völlig verschiedenen Größenordnung der Fortpflanzungsgeschwindigkeiten des elektrischen Stromes und der nervösen Erregung machte schon sehr gewundene Annahmen erforderlich, um in der Elektrizität das eigentliche Wesen der Nerventätigkeit zu sehen. Und nach der weiteren Entdeckung, daß die elektromotorischen Kräfte nur in ausgeschnittenen, nicht aber in den unverletzt im Organismus verbliebenen Nerven existieren, wurde jene Identifizierung allgemein aufgegeben. Es bestehen gewisse, an sich ganz interessante und wichtige Beziehungen zwischen beiden Dingen. Die nervösen Vorgänge sind von elektrischen Erscheinungen begleitet, und natürlich liegt es in ihrem Wesen, gerade so begleitet zu sein; aber deshalb ist doch ihr eigentliches Wesen und dieses Begleitphänomen wohl auseinander zu halten. Ähnlich wie auch atmosphärische, chemische und andere Vorgänge von elektrischen begleitet, aber darum nicht einfach mit solchen identisch sind.

Um die erwähnten Beziehungen zwischen Nervenerregung und Elektrizität kurz zu berühren, so bestehen sie in drei Dingen, die im Grunde alle auf dasselbe hinauskommen. 1. Der Strom des ruhenden Nerven. Wenn man an einem ausgeschnittenen Nerven die Schnittfläche und die natürliche Oberfläche durch einen metallischen Bogen verbindet, in den ein Galvanometer eingeschaltet ist, so zeigt dieses einen schwachen elektrischen Strom an. In dem Leitungsbogen geht dieser allemal von der natürlichen Oberfläche zum Querschnitt (innerhalb des Nerven mithin umgekehrt). Der Querschnitt ist also allemal elektrisch negativ gegen die Längsoberfläche (die Spannungsdifferenz beträgt ca. $^1/_{40}$ Daniell). 2. Die negative Schwankung. Wird während der be-

schriebenen Ableitung eines Stromes von dem Nerven dieser außerdem noch gereizt, so wird jener Strom schwächer. Die abgelenkte Galvanometernadel schwankt zurück, daher der Name des Phänomens. Es ist besonders wertvoll, weil wir in ihm ein direktes Zeichen für den Erregungszustand eines Nerven haben, unabhängig von den etwaigen Äußerungen in anhängenden Organen. 3. Der Elektrotonus. Läßt man eine Strecke des Nerven von einem konstanten elektrischen Strom durchfließen, so findet zwar im allgemeinen, abgesehen von dem Moment des Stromschlusses, keine Erregung statt. Aber der Nerv gerät in eine eigentümliche Veränderung seines inneren Zustandes, gleichsam in eine Art Spannung, die man indirekt durch die vorhin erwähnten Mittel der Reizung und der Stromableitung nachweisen kann und eben als elektrotonischen Zustand bezeichnet. Reizt man z. B. den Nerven, so zeigt er sich an der Eintrittsstelle des (positiven) Stromes und in abnehmendem Maße in ihrer ganzen Umgebung schwerer erregbar als vorher; an der Austrittsstelle des Stromes dagegen und gleichfalls in deren Umgebung ist seine Erregbarkeit gesteigert. Verbindet man oberhalb oder unterhalb der Pole des konstanten Stromes zwei beliebige Punkte des Nerven durch einen metallischen Bogen mit Galvanometer, so zeigt sich die so abgeleitete Strecke gleichfalls von einem Strom durchflossen, der allemal mit dem elektrotonisierenden Strom gleiche Richtung hat.

Alle diese Erscheinungen kommen, wie gesagt, im Grunde auf dasselbe hinaus; sie erklären sich aus der folgenden Annahme: eine jeweilig in Erregung oder in gesteigerter Erregbarkeit befindliche Stelle eines Nerven verhält sich negativ elektrisch gegen ihre Umgebung, und umgekehrt, wenn man eine Stelle eines Nerven negativ elektrisch polarisiert, so erregt man sie dadurch oder steigert doch mindestens ihre Erregbarkeit. Der sogenannte Ruhestrom erklärt sich hiernach einfach als Folge der Loslösung des Nerven aus dem Organismus und dem dadurch bedingten Vorhandensein einer Schnittstelle. An dieser stirbt der Nerv ab; ehe er aber definitiv tot ist, gerät er zunächst in einen Zustand erhöhter Reizbarkeit (s. oben S. 114) und ebendamit in eine negativ elektrische Spannung gegen seine unversehrten Partien. Die negative Schwankung des Ruhestroms beruht darauf, daß beim Ablauf einer Erregungswelle über den Nerven auch jene unversehrten Partien jetzt vorübergehend negative Elektrizität annehmen. Ihre Spannungsdifferenz gegen die Partien in der Gegend des Querschnitts muß sich also verringern. Die Änderungen der Reizbarkeit endlich bei Zuleitung eines konstanten Stromes und die Möglichkeit, seitlich von diesem überall gleichgerichtete Ströme abzuleiten, ergeben sich gleichfalls als einfache Folgerungen aus dem aufgestellten Prinzip. Für das Wesen der nervösen Erregung ist allen diesen Tatsachen wenig Belangreiches zu entnehmen, denn ein Auftreten von elektromotorischen Erscheinungen hat sich bei genauerem Zusehen als etwas sehr Verbreitetes und die verschiedenartigsten Vorgänge Begleitendes herausgestellt.

Im Gegensatz zu den älteren physikalischen Vorstellungen denkt man sich die nervöse Erregung und ihre Fortleitung in der Gegenwart zumeist als einen chemischen Prozeß. Die erste Analogie, die sich hier als brauchbar zu bieten schien, war die einer Verbrennung, in der Art z. B. wie bei der Explosion eines Pulverfadens. Ein kräftiger Stoß (darin besteht ja der zündende Funke) bewirkt in den Teilchen, auf die er trifft, eine Erschütterung ihres

molekularen Gefüges; sie vermögen dadurch, sich mit anderen bereitliegenden Teilchen zu neuen Verbindungen zusammenzusetzen, und dabei wird dann so viel Energie frei, daß die benachbarten Teilchen wieder einen sie auseinandersprengenden Stoß empfangen. So werde auch, dachte man sich, in jedem erregten Nerventeilchen durch die Reizung eine spannkraftführende, gleichsam explosive Substanz gespalten, und die Folge dieser Spaltung sei die Auslösung des gleichen Vorgangs im Nachbarelement. Allein hierbei bleibt eine große Schwierigkeit. Wenn die zur Entzündung eines Pulverfadens erforderliche Kraft überhaupt vorhanden ist, so verpufft allemal das ganze Pulver, einerlei ob der zündende Funke die Temperatur einer glimmenden Zigarre oder schmelzenden Platins hat; bei dem Nerven dagegen findet stets eine genaue Anpassung der Größe der Wirkung an die Stärke der Reizung statt.

Besser Rechnung trägt diesem Verhältnis die folgende, neuerdings von Bethe entwickelte Vorstellung. Der Reiz bewirkt an der von ihm getroffenen Stelle eine Erhöhung der chemischen Affinität der Neurofibrillen zu einem in ihnen und ihrer unmittelbaren Umgebung vorhandenen Stoff. Je nach der Intensität des Reizes erfolgt also eine stärkere Bindung dieses Stoffes an die Fibrille. Dadurch entstehen elektrische Spannungsdifferenzen zwischen der gereizten Stelle und ihrer Nachbarschaft, und indem diese nun durch elektrische Strömchen ausgeglichen werden, wird die Nachbarschaft selbst in Erregung versetzt. Zugleich bewirkt vielleicht die Verarmung der Nachbarschaft an dem zu dem ersten Reizort hingezogenen Stoff gleichfalls eine Steigerung der Affinität für diesen Stoff, d. h. also der Erregung in ihr. Aus zwiefachem Grunde pflanzt sich mithin die irgendwo eingeleitete Erregung die Fibrillen entlang fort, während ihr zugleich bei dem Ausbleiben weiterer Reize eine Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes unmittelbar nachfolgt. Zweifellos wird eine ganze Reihe von Eigentümlichkeiten des Erregungsvorgangs von hier aus zwanglos verständlich: die isolierte Leitung, ihr Gebundensein an anatomische Kontinuität, ihre mäßige Fortpflanzungsgeschwindigkeit, die Summation mehrerer Reize, die schnelle Wiederherstellung der Leitungsfähigkeit, die geringe Ermüdung der Nervenfasern trotz des geringen Stoffwechsels in ihnen. Ob aber die Vorgänge in dem doch einen lebendigen Organismus darstellenden nervösen Element mit solchen Vorstellungen nicht zu einfach gedacht werden, bleibe dahingestellt.

§ 9. Bau des Nervensystems.[1]

Die beschriebenen nervösen Elementarorganismen, die Neuronen, sind in ihrer Gesamtheit zusammengeordnet zu einem den ganzen Körper durchsetzenden kunstvollen Bau. Die Einzelheiten dieses Baues sind so verwickelt, daß ohne Unterstützung durch die Anschauung des wirklichen Objekts eine verständliche Darstellung selbst mit einem großen Aufwand von Worten und Zeichnungen kaum möglich ist. Ich nehme daher von einer irgendwie eingehenden Beschreibung der Wirklichkeit überhaupt Abstand und versuche nur, eine Vorstellung von ihren allgemeinsten und wichtigsten Verhältnissen zu erwecken, wobei natürlich manches abgerundet und schematisiert werden muß, was in Wahrheit weit eckiger und unregelmäßiger aussieht. Man geht dazu am besten von der verschiedenen Lage der Zellen der nervösen Elemente aus und sieht dann jedesmal zu, wohin die mit ihnen verbundenen Nervenfasern sich erstrecken.

Die sämtlichen Ganglienzellen des Neuronenreiches sind in drei deutlich voneinander geschiedenen und funktionell verschiedenwertigen Schichten angeordnet.

1. Periphere Ganglien. Die der Peripherie des Körpers nächstgelegene und, wenn man so will, niederste Schicht besteht aus zahlreichen kleinen Zellenkolonien (*Ganglien* genannt), die durch Rumpf und Kopf weit verbreitet sind und untereinander in keiner unmittelbaren Verbindung stehen. Hierzu gehören: *a*) je 31 Zellenhäufchen zu jeder Seite des Rückenmarks und noch innerhalb der Wirbelsäule, *die Spinalganglien*, *b*) die Ganglien der sensiblen Gehirnnerven, zum Teil in den höheren Sinnesorganen selbst gelegen, im ganzen in jeder Kopfhälfte 12 an der Zahl. Jedes Auge z. B. birgt eine solche Zellenkolonie, die hier, entsprechend der Gestalt der

[1] Kurze Darstellungen in den Lehrbüchern der Anatomie und medizinischen Enzyklopädien. Umfangreicher sind: Edinger, Vorlesungen über den Bau der nervösen Zentralorgane; 7. Aufl. Bd. 1; 1904. Obersteiner, Anleitung beim Studium des Baues der nervösen Zentralorgane; 4. Aufl. 1901. Sehr ausführlich: Kölliker, Handbuch der Gewebelehre; 6. Aufl. Bd. 2, 2; 1896. Dejerine, Anatomie des centres nerveux; 2 Bde., 1895 u. 1901. Soury, Le système nerveux central; Structure et fonctions; 2 Bde., 1899. Ziehen u. Zander, Anatomie des Nervensystems (in Bardelebens Handbuch der Anatomie; bisher zwei Lieferungen, 1899 u. 1903). — Den Bau des Rückenmarks enthält auch die S. 101 Anm. genannte Schrift Lenhosséks, den des Großhirns der erste Abschnitt von H. Sachs, Vorträge über Bau und Tätigkeit des Großhirns; 1893. — Für die Entwickelung des Nervensystems sind die Arbeiten von W. His wichtig, in den Abhandl. der Sächs. Akad. der Wissensch., seit dem Jahre 1888. — Über die sog. Assoziationszentren s. Flechsig, Gehirn und Seele, 2. Ausg. 1896.

Retina, in einer halbkugeligen Fläche ausgebreitet ist. Jeder Nasenhälfte ist eine zweite zugeordnet, der Form nach gleichfalls eine dünne Fläche bildend. Drei weitere Ganglien gehören den verschiedenen im Ohre endigenden Nerven an, eins davon in der Schnecke selbst gelegen und wie ein spiralig gewundenes schmales Band gestaltet. Abermals zwei sind mit dem Geschmacksnerven verbunden, desgleichen zwei mit dem sensiblen Nerven der Gesichts- und Kopfhaut. dem Trigeminus usw.[1]

Alle Zellen dieser kleinen Kolonien erfüllen eine gleichartige Funktion und haben daher auch im großen und ganzen einen gleichartigen Bau. Sie bilden verschiedene Abarten des bipolaren Zellentypus und besitzen also zwei Nervenfortsätze. Den einen von diesen senden sie weiter vor an die Peripherie des Körpers, d. h. dorthin, wo die äußeren Reize auftreffen, in die Haut, Zunge, das Cortische Organ usw. Hier löst er sich im allgemeinen büschelförmig auf und empfängt nun eben die Einwirkungen der objektiven Reizvorgänge. Der andere Fortsatz zieht zentralwärts in die gleich zu besprechende mittlere Schichtung des Nervensystems und führt die peripher aufgenommene Erregung dieser zu. Allerdings sind nun, infolge der verschiedenen Entfernung der Zellen von der Angriffsstelle der Reize, die relativen Größenverhältnisse jener beiden Arme die allerverschiedensten, und damit hängt es zusammen, daß die funktionelle Gleichwertigkeit aller dieser Zellenkolonien erst in neuester Zeit erkannt worden ist. In der Schnecke des Ohres z. B. liegen die Ganglienzellen dem Ort des Auftretens der objektiven Reize relativ nahe; ihr peripherer Fortsatz ist mithin relativ kurz, 1 bis 2 mm, der zentrale relativ lang, einige Zentimeter. In der Nase gar sind die Zellen der Einwirkung der äußeren Vorgänge so nahe gerückt, daß es eines besonderen peripheren Fortsatzes überhaupt nicht mehr bedarf. Die Zelle erscheint daher nur nach der Peripherie hin verlängert und trägt hier ein kurzes Stiftchen. Bei den Spinalganglien dagegen ist umgekehrt die Entfernung zu den Zentralorganen, hier zum Rückenmark, die bei weitem geringere. Der zentrale Nervenfortsatz ist daher hier (abgesehen von seinem Verlauf innerhalb des Rückenmarks) nur sehr kurz, der periphere dagegen vielfach, z. B.

[1] Es existieren noch zahlreiche andere kleine Zellenkolonien, die teils wie die Spinalganglien zu beiden Seiten des Rückenmarks liegen und auch bis in die Nähe des Gehirns hinaufreichen, teils in verschiedenen Organen der Brust- und Bauchhöhle verstreut sind, die sog. *sympathischen Ganglien*, in ihrer Gesamtheit auch als sympathisches Nervensystem bezeichnet. Aber weil die Beziehungen dieser Ganglien zu dem Cerebrospinalsystem noch nicht hinreichend aufgeklärt sind, namentlich auch, weil ihre Bedeutung für das Seelenleben fast ganz in Dunkel gehüllt ist, ist hier auf sie weiter keine Rücksicht genommen.

bei den in die Extremitäten gehenden Nervenfasern, von außerordentlicher Länge. Im Auge endlich sind beide, sowohl der periphere wie der zentrale Fortsatz, auf mikroskopische Dimensionen reduziert.

2. Subkortikale Zentren. Mitten zwischen jenen zahlreichen kleinen Zellenkolonien hindurch erstreckt sich eine zweite, durch verbindende Faserzüge zu einem Ganzen zusammengeschlossene Masse von Ganglienzellen, die mittlere der zu unterscheidenden drei Schichten. Sie besteht wieder aus zwei Teilen. Der erste hat im wesentlichen die Form eines langen Stranges; er bildet in der Hauptsache die Wandung eines engen Hohlraums, der von der ursprünglichen Anlage her Rückenmark und Gehirn durchzieht, und wird daher als *Höhlengrau* bezeichnet. Das räumlich ausgedehnteste Glied dieses Stranges ist die graue Substanz des Rückenmarks, eine dünne tiefkannelierte Säule von Ganglienzellen, die auf dem Querschnitt die Gestalt zweier Schmetterlingsflügel zeigt. Ihre Masse nimmt im ganzen von unten nach oben etwas zu, indes nicht ganz gleichmäßig, sondern mit zwei stärkeren Anschwellungen, entsprechend dem Abgang der Arm- und Beinnerven. Innerhalb des Kopfes werden die Zellenlager vielfach durch starke Faserzüge auseinandergedrängt und dadurch unregelmäßiger gestaltet. Als weitere Bestandteile des Höhlengraus sind hier zu nennen (Fig. 9): das verlängerte Mark *(Medulla oblongata)*, die sog. Kerne der Brücke *(Pons)* und die Hirnschenkel *(Pedunculi)*. Endlich gehören zu ihm, als funktionell gleichwertig, wenn auch räumlich getrennt: die beim Menschen sehr verkümmerten Riechkolben *(Bulbi olfactorii)* und eine Schicht großer Ganglienzellen in der Netzhaut des Auges *(Ganglion nervi optici)*. Der zweite, dem Höhlengrau in gewisser Hinsicht übergeordnete Teil unserer Mittelschicht hat eine kompaktere Gestalt. Er besteht wesentlich aus zwei charakteristisch geformten Gebilden: den Vierhügeln *(Corpora quadrigemina)*, vier quadratisch angeordneten, linsenförmigen Hervorragungen auf der Oberseite der Hirnschenkel, und den Sehhügeln *(Thalami optici)*, zwei mächtigen, etwa walnußgroßen Ganglienmassen ungefähr in der Mitte des ganzen Gehirns. Dazu gesellen sich einige graue Kerne unterhalb der Sehhügel *(Regio subthalamica)*.

Ein gemeinsamer Name für diese verschiedenen, aber ihrer Funktion nach zusammengehörigen Zellenmassen ist nicht in allgemeinem Gebrauch; sie mögen daher als *Centralstrang* des Nervensystems bezeichnet werden. Auch ist der verbreitete Terminus *subkortikale Zentren* in seiner Bedeutung nicht so sehr von dem hier Gemeinten verschieden; er wird also hier gleichfalls für die Gesamtheit der aufgezählten Gebilde Verwendung finden.

Die Zellen dieser subkortikalen Zentren erfüllen durch die von ihnen ausgehenden Nervenfasern im wesentlichen drei verschiedene Funktionen. Die einen (motorische Zellen) senden ihre Fasern ohne wesentliche Abgabe von Seitenästen aus dem Zentralstrang — und zwar ausschließlich aus dem Höhlengrau — heraus zu peripheren Apparaten, vorwiegend an die Muskulatur. Sie entladen also das Nervensystem nach außen und dienen durch die zentrifugale

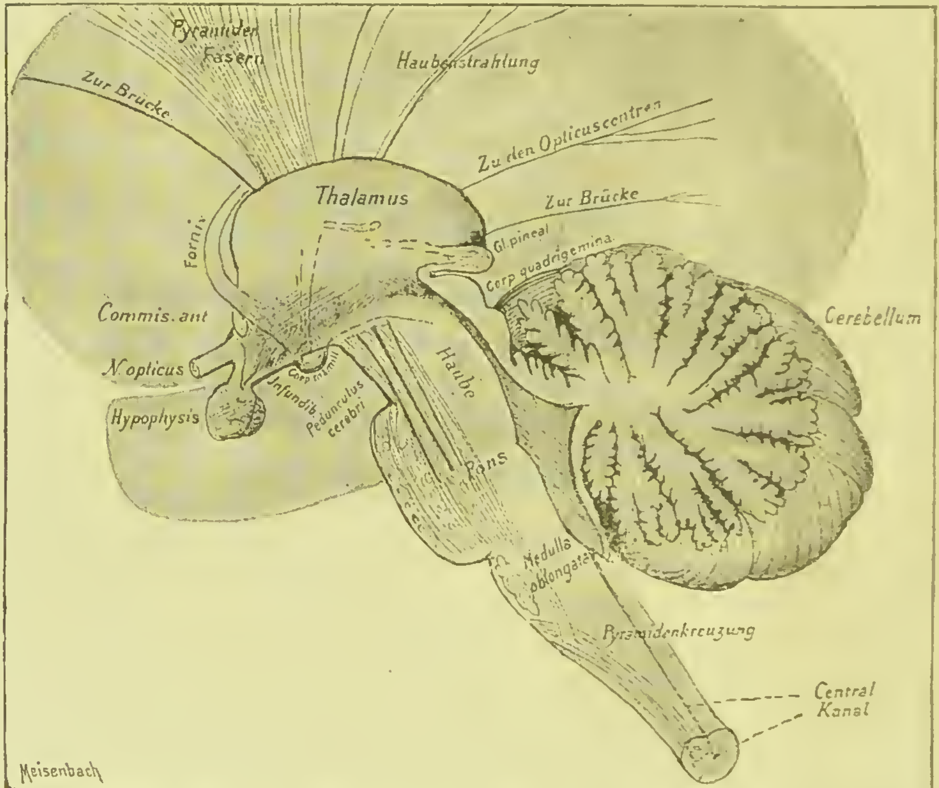


Fig. 9. Seitenansicht der subkortikalen Zentren innerhalb des Gehirns, nebst dem Kleinhirn. Riechkolben und Auge fehlen und sind links vom N. opticus hinzuzudenken. (Nach Edinger.)

Weiterführung der von ihnen aufgenommenen Erregung der Hervorrufung äußerer Bewegungsvorgänge. Innerhalb des Rückenmarks fallen diese Zellen sogleich auf durch ihre Größe und den außerordentlichen Reichtum an Dendriten; außerdem haben sie hier eine charakteristische Lage. Sie nehmen innerhalb der eben erwähnten Schmetterlingsfigur, welche den Querschnitt der grauen Rückenmarkssubstanz bildet, den größten Teil der im Körper nach vorn gelegenen Flügelhälften, der sog. Vorderhörner, ein.

Eine zweite Klasse von Zellen dient der entgegengesetzten Aufgabe. Sie strahlen die dem Zentralstrange von der Peripherie zu-

geführten Erregungen nach oben aus, in die dritte und höchste Schicht des ganzen Neuronenreichs, die Großhirnrinde. Entsprechend dieser Funktion liegen die ihr dienenden Zellen auch in den höchsten Teilen des Zentralstranges; sie gehören ausschließlich den Seh- und Vierhügeln an. Eine genaue Lokalisation der von ihnen ausgehenden Faserzüge ist mit manchen Schwierigkeiten verbunden, da sie mit großen Massen anderer Fasern durchflochten sind. Immerhin ist einiges sicher bekannt. So strahlt ein starkes, sich fächerförmig ausbreitendes Faserbündel von den vorderen Teilen jedes Sehhügels nach dem Stirnhirn aus (*vorderer Sehhügelstiel*); andere Fasern ziehen von den unteren Partien des Sehhügels außen um ihn herum nach der Scheitelgegend des Großhirns (*Haubenstrahlung*); wieder andere von den hinteren Sehhügelganglien und den vorderen Vierhügeln an die Oberfläche des Hinterhauptshirns (*Sehstrahlung*).

Die dritte Gruppe endlich (im Rückenmark gehört die große Mehrzahl der Zellen zu ihr) bleibt mit ihrer Wirksamkeit auf den Zentralstrang selbst beschränkt. Ihre Fasern dienen dazu, seine beiden Hauptteile und weiter dann deren räumlich zum Teil so weit auseinandergezogene Provinzen untereinander in vielfache und enge Verbindungen zu bringen. Dies geschieht in den mannigfachsten Weisen, die namentlich beim Rückenmark ziemlich genau bekannt sind. Einzelne Zellen mit ganz kurzem Faserverlauf (Schaltzellen) scheinen nur dazu bestimmt, die Verflechtung der Gebilde in ihrer nächsten Umgebung vielseitiger und inniger zu gestalten. Andere (Kommissurenzellen) verbinden die beiden symmetrisch gestalteten Hälften des ganzen Stranges untereinander. Ihre Fasern ziehen also von der rechten Seite herüber auf die linke oder von der linken auf die rechte, wobei sie sich oft noch in einen aufsteigenden und einen absteigenden Ast spalten. Wieder andere (Strangzellen, Fig. 10, *C*, *D*, *E*) setzen die verschiedenen Höhen der Zellensäule miteinander in Konnex, indem ihre Fasern den Strang in seiner Längsrichtung begleiten. Sie spalten sich dabei vielfach ebenfalls in zwei Äste, die meist beide nach oben, unter Umständen aber auch in entgegengesetzten Richtungen verlaufen. Von Zeit zu Zeit zweigen sich von diesen feine Kollateralen rechtwinklig ab, die sich nach kurzem Verlauf büschelförmig auflösen und mit ihren Verästelungen eine Ganglienzelle umspinnen. Nachdem die Faser sich so gleichsam treppenförmig allmählich erschöpft hat, biegt ihr Ende um und verästelt sich gleichfalls in den Dendriten einer Zelle. Auf solche Weise wird ein und dieselbe Ursprungszelle gleichzeitig mit zahlreichen anderen Zellen in ganz verschiedenen Querebenen des Rückenmarks in direkte Verbindung gebracht und mithin die ganze Zellensäule eng zusammengeschlossen.

Von den durch größere und geschlossene Faserzüge hergestellten Verbindungen dieser Art sind besonders zwei erwähnenswert. Die mit dem Höhlengrau gleichwertige Zellenschicht in der Netzhaut des Auges sendet ihre Fasern in dem sog. *Sehnerven* an der Basis des Gehirns bis in die hintere Sehhügelgegend, ebendahin, von wo die Sehstrahlung ausgeht. Sodann ziehen Fasern, deren Ursprungszellen in verschiedenen Höhen der Hinterhörner des Rückenmarks oder im verlängerten Mark liegen, in die untere Sehhügelgegend und gewinnen hier Anschluß an die Haubenstrahlung.

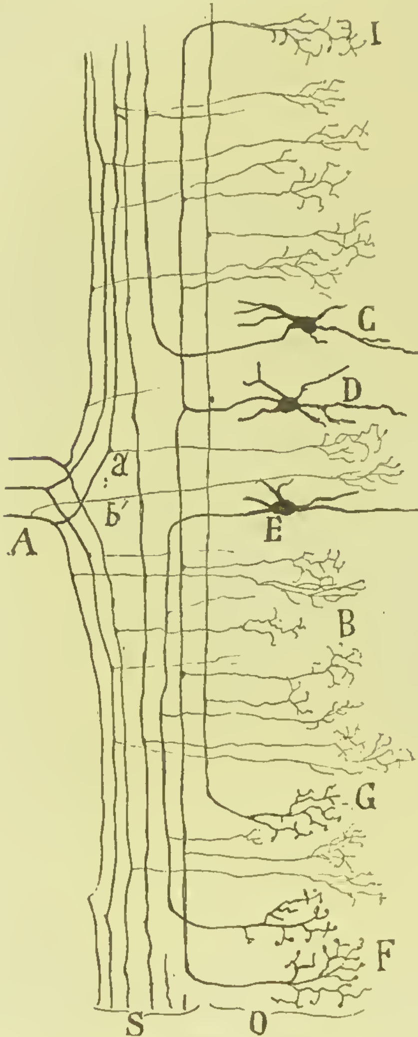


Fig. 10. Schematischer Längsschnitt durch den Hinterstrang des Rückenmarks. (Nach Ramon y Cajal.)
S weiße, *O* graue Substanz; *A* einstrahlende Fasern einer hinteren Wurzel. *C*, *D*, *E* Zellen der Hinterhörner mit verschieden verlaufenden Achsenzylindern. *B*, *G*, *F*, *I* Endbäumchen der Achsenzylinder u. Kollateralen. *a*, *b* Kollateralen.

Begreiflicherweise finden die zahlreichen Fasern der Kommissuren- und Strangzellen nicht alle bequem Platz innerhalb der Zellenmasse selbst, mit dem Gewirr ihrer Dendriten. Sie treten daher, im Rückenmark wenigstens, sofort aus der grauen Substanz heraus und umgeben diese von außen als weiße Stränge. Die Verbindung mit der Zellensäule bleibt dabei, infolge der massenhaften Kollateralen, die bloß einen etwas längeren Weg zu ihren Zellen zurückzulegen haben, ganz unbeeinträchtigt.

Die Zellenmasse der subkortikalen Zentren ist also durch die in ihr selbst entspringenden Nervenfasern in dreifacher Weise verbunden: durch ausstrahlende Bahnen (des Höhlengraus) nach unten, mit der Peripherie; durch ausstrahlende Bahnen (der Seh- und Vierhügel) nach oben, mit höheren Gehirnteilen; endlich durch intrazentrale Bahnen in sich selbst, vorwiegend in der Richtung von unten nach oben, aber auch in beschränkterer Weise rückwärts von oben nach unten. Daneben aber besitzt sie nun noch zwei weitere Arten von Bahnen, beides einstrahlende, für die Zuführung von Erregungen.

Zunächst münden die sämtlichen von den Spinal- und Kopfganglien zentralwärts verlaufenden Nervenfasern in den Zentralstrang ein — und zwar ausnahmslos in das Höhlengrau und die ihm gleichwertigen Teile —, um hier zu enden. Die Einzelheiten dieser Endigungsweise sind für die Spinalnerven ziemlich genau bekannt und ganz ähnlich dem eben für die Fasern der Strangzellen Beschriebenen. Die ankommende Faser strahlt ein gegen das Hinterhorn der mehrerwähnten Schmetterlingsfigur (Fig. 10 *A*). Sie begibt sich aber nicht sofort in das Innere der Zellensäule, sondern spaltet sich noch innerhalb der jene umgebenden weißen Fasermassen in einen aufsteigenden und einen absteigenden Ast, von denen dieser ziemlich kurz ist, jener bisweilen eine bedeutende Länge (bis in das verlängerte Mark) erreicht. Beide Äste senden dann, wie eben geschildert, auf verschiedenen Höhen feine Kollateralen in die graue Substanz, die vorwiegend zu den Strangzellen der Hinterhörner, daneben aber auch zu allen anderen Zellenarten des Rückenmarks (z. B. direkt zu den motorischen Vorderhornzellen) ziehen und zwischen deren Dendriten aufgebüschelt endigen. Die ankommende Erregung wird also, abgesehen von den sonst noch bestehenden Verbindungen aller Teile untereinander, auch direkt schon ganz verschiedenen Partien des Zentralstranges zugeführt. Einfacher sind die Einstrahlungsverhältnisse bei einigen anderen peripheren Ganglien. Im Auge z. B. übertragen die der Peripherie entsprechenden bipolaren Ganglienzellen ihre Erregung auf die dem Höhlengrau entsprechenden durch ganz kurze unverzweigte Fortsätze (S. 191). Ähnlich, nur mit einigen Verzweigungen der Fortsätze, sind die Ganglienzellen der Nase mit denen der Riechkolben verbunden (§ 34).

Das Gegenstück dann zu diesen peripheren Zuleitungsbahnen bilden andere, die von oben her einstrahlen. Sie ziehen teilweise erst in die Seh- und Vierhügel und durch deren Vermittelung dann weiter abwärts, teilweise aber auch direkt in das Höhlengrau. Das erste geschieht z. B. in denselben starken Faserbündeln, die von dem Sehhügel in umgekehrter Richtung, zur Rinde hin, verlaufen, also in der vorhin erwähnten Sehstrahlung, Haubenstrahlung usw. Das zweite ist der Fall in einem besonders gut bekannten, mächtigen und langen Faserzuge, der die Scheitelpartien des Großhirns abwärtsleitend direkt mit dem Rückenmark verbindet, der sog. *Pyramidenbahn* (Fig. 9). Sie zieht vom Großhirn an der Außenseite der Sehhügel vorbei, verläuft weiter tief unter den Vierhügeln an der Unterseite der Hirnschenkel, durchsetzt die Brücke und tritt mitten an der Vorderseite des verlängerten Marks in zwei nebeneinander liegenden Wulsten (den Pyramiden) zutage. Dann ziehen ihre Fasern das ganze Rücken-

mark entlang in zwei kleineren Bündeln längs der Mittellinie der Vorderseite und in zwei größeren in der Nähe der beiden Seitenflächen. Sie erschöpfen sich allmählich durch zahlreiche Kollateralen, die sich zu den motorischen Zellen der Vorderhörner begeben, und endigen sukzessive in verschiedenen Höhen des Rückenmarks. Mit ihren letzten Resten sind sie noch abwärts vom Lendenmark nachweisbar. Auf dieser wichtigen Bahn werden die willkürlichen Bewegungsimpulse dem Rückenmark zugeführt und dann von dessen motorischen Zellen an die Bewegungsorgane weitergegeben. Bei apoplektischen Lähmungen oder anderen Schädigungen degeneriert sie von oben nach unten und ist u. a. hierdurch relativ leicht und sicher zu isolieren.

Durch das Vorbeigehen der Pyramidenbahn an den Sehhügeln und den ihnen gleichwertigen Ganglien und ihr direktes Einstrahlen in das Höhlengrau entsteht ein bemerkenswerter Unterschied in den die Peripherie mit der Großhirnrinde verbindenden Bahnen. Die zur Rinde hinführende Leitung besteht ausnahmslos aus mindestens drei hintereinander geschalteten Neuronen. Das erste hat seine Zelle in einem peripheren Ganglion und verbindet durch seine Faser das Sinnesorgan mit dem Höhlengrau. Das zweite schließt hier an und leitet die Erregung innerhalb der subkortikalen Zentren weiter zu den Seh- oder Vierhügeln; und das dritte führt sie von da weiter zur Rinde. Die von der Rinde in der Pyramidenbahn wegführende Leitung dagegen besteht nur aus zwei Neuronen. Die Zelle des ersten liegt in der Großhirnrinde, und die Faser mit ihren Kollateralen zieht in das Höhlengrau, vorwiegend in die Vorderhörner des Rückenmarks. Und das zweite nimmt die Erregung hier auf und leitet sie zur Peripherie in die Muskeln.

Die den Zentralstrang mit den peripheren Organen verbindenden Bahnen treten, wie oben beschrieben, gesondert in das Höhlengrau ein und aus ihm heraus. In einer geringen Entfernung von diesem aber vermischen sie sich vielfach und bilden in dieser Vereinigung die peripheren Nerven. Für das Rückenmark ist dies die ausnahmslose Regel. Die aus dem Vorderhorn austretenden motorischen Fasern streichen an einem Spinalganglion vorbei und durchflechten sich dann mit den von der Peripherie herkommenden und zu einem Hinterhorn ziehenden sensiblen Fasern kurz vor deren Eintritt in das Ganglion. Es entstehen so 31 Paare von Rückenmarksnerven, die mit zwei ganz verschiedenwertigen Zweigen dem Rückenmark angeheftet sind (*vordere Wurzeln*, zentrifugal, und *hintere Wurzeln*, zentripetal), und auch innerhalb des Rückenmarks in den beschriebenen ganz verschiedenartigen Weisen mit dessen Zellen in Verbindung stehen. Bei den Kopfnerven, deren man im ganzen 12 Paare zählt, geschieht vielfach dasselbe, aber doch nur in der Minderzahl der Fälle. Drei Nerven, der Geruchsnerv, der (mikroskopische) eigentliche Sehnerv und der Gehörsnerv (VIII) sind rein zentripetal, vier andere rein zentrifugal.

3. Großhirn und Kleinhirn. In geringer Entfernung von den oberen Teilen der subkortikalen Zentren wölbt sich die dritte und höchste Zellenschicht des Nervensystems. Das Prinzip ihres Baues, wenn man so sagen darf, ist ein ganz anderes als das der bisher betrachteten beiden Schichten. Hatten wir hier zuerst die isolierte Kolonie, stellenweise in deutlichem Anschluß an ein bestimmtes peripheres Organ, dann den langgezogenen Strang, offenbar im Anschluß an die Gesamtheit aller Organe, an die Grundform des Organismus, so finden wir jetzt als maßgebendes Gestaltungsprinzip die möglichste Ausbreitung in die Fläche. Die oberste Zellenschicht besteht wesentlich aus zwei großen und verhältnismäßig dünnen Platten grauer Substanz, den Rinden des Großhirns und Kleinhirns. Dazu tritt dann noch als funktionell gleichwertig, soviel sich erkennen läßt, eine in mehrere Teile gespaltene kompaktere Zellenmasse, der Streifenhügel am Boden des Großhirns, der hier der Einfachheit halber außer Betracht bleiben soll.

In seiner ursprünglichen Anlage besteht das Großhirn aus zwei Bläschen, die vorn und seitlich aus dem vordersten Ende des Zentralstranges hervorgehen. Diese vergrößern sich an Umfang und Masse bald schneller als irgendwelche andere Partien des Nervensystems; sie treten miteinander in Verbindung und dehnen sich nach allen Seiten, namentlich aber nach hinten und unten außerordentlich aus. Hier wachsen sie in einem großen, nach vorn offenen Bogen um die beiden Sehhügel herum und bilden so schließlich zwei mächtige, ungefähr halbkugelförmige Massen (Hemisphären), welche Sehhügel und Vierhügel vollständig zwischen sich verbergen. Das Kleinhirn ist eine weniger umfängliche Bildung, die aus dem dorsalen Teil des verlängerten Marks und der Brücke hervorgeht und oben auch noch von dem Großhirn überlagert wird.

Die äußere Oberfläche dieser beiden Organe nun ist je eine große Zellenkolonie. In der Dicke ist der Durchmesser des Zellenlagers nicht beträchtlich, beim Großhirn durchschnittlich 3, beim Kleinhirn etwa 1 mm. Um so erstaunlicher ist seine Flächenausdehnung. Die Oberfläche der Großhirnrinde allein ist auf etwa 2000 qcm veranschlagt worden, d. h. auf ungefähr das Zehnfache des bedruckten Teiles einer Seite dieses Buches; die Kleinhirnrinde wird man auf über 800 qcm schätzen dürfen. Daß dabei doch beide innerhalb der Schädelhöhle mit einem relativ geringen Raume auskommen, liegt daran, daß sie nicht glatt ausgespannt, sondern in ungemein zahlreiche Furchen und Falten gelegt sind. Namentlich beim Kleinhirn ist diese Fältelung eine außerordentlich feine und tiefgehende. Man denke sich einen dünnen Stab senkrecht zu der Fläche eines Thuja-

blattes an dessen äußeren tiefgelappten und gefiederten Konturen entlang geführt; die so entstehende Fläche veranschaulicht etwa die tiefen Einbuchtungen der Kleinhirnrinde (Fig. 9). Auch beim Großhirn gehen einzelne Furchen sehr weit in die Tiefe; aber die zwischen ihnen nach oben tretenden Windungen der Rinde sind hier breiter, nicht lamellenartig wie beim Kleinhirn, sondern mehr wulstartig. Außerdem verlaufen Furchen und Windungen hier verschiedenartiger und charakteristischer als beim Kleinhirn, nicht einfach parallel, sondern in allen möglichen Richtungen, und da sie nun in ihrer großen Mehrzahl durchaus typisch sind, d. h. bei allen Individuen ungefähr in derselben Gestalt wiederkehren, so hat man sie alle benannt und benutzt sie zur Orientierung auf der großen Fläche der Hemisphären.

Sich mit den Einzelheiten dieser Topographie etwas vertraut zu machen, ist dem angehenden Psychologen sehr anzuraten, da ihm sonst z. B. die auch für die Psychologie wichtigen Arbeiten über Hirnlokalisation halb unverständlich bleiben. Ich füge daher einige Abbildungen bei mit den in Betracht kommenden Namen (Fig. 11 u. 12). Zur allmählichen Orientierung empfiehlt es sich, so zu verfahren. Man gehe aus von der Seitenansicht des Gehirns. Außer der sofort in die Augen fallenden *Fissura Sylvii*, die sich tief einschneidend von hinten oben nach vorn unten erstreckt, suche man noch die *Zentralfurche* und die *Fissura parieto-occipitalis* auf. Jene zieht etwa in der Mitte der Hemisphäre ohne Verbindung mit anderen Furchen und ohne nennenswerte Verästelungen ziemlich geradlinig von oben nach unten, diese ist auf der Außenseite der Hemisphäre wenig bemerklich, desto besser aber auf der Medianseite, wo sie das hinterste Ende des Großhirns schräg gegen das übrige abgrenzt. Diese drei Furchen dienen nun dazu, die ganze Hemisphäre zunächst in vier Lappen einzuteilen. Was vor der Zentralfurche liegt, heißt Stirnlappen und was hinter der Occipitalfurche, Hinterhauptslappen. Die Partie zwischen den beiden Furchen wird als Scheitellappen bezeichnet und die unterhalb der Sylvischen Spalte liegende als Schläfenlappen. Eine Abgrenzung des Schläfenlappens gegen Scheitel- und Hinterhauptshirn ist nicht durch größere Furchen gegeben, sondern nur konventionell bestimmt. Von den Windungen findet man ohne weiteres die die Zentralfurche beiderseits begleitenden *Zentralwindungen*, als vordere und hintere voneinander unterschieden. Die vordere geht am unteren Ende ohne scharfe Grenze in den sogenannten *Klappdeckel* (*Operculum*) über. Die graue Rinde bildet nämlich hier, am vorderen Ende der Sylvischen Spalte, eine tiefgehende Bucht. Zieht man die Spalte auseinander, so erblickt man noch ein größeres dreieckiges Rindenfeld auf ihrem Boden, die häufig erwähnte *Insel*, die von dem *Operculum* zugedeckt wird. Was nun von dem Stirnhirn noch übrig bleibt, wird einfach von oben nach unten in Anlehnung an zwei kürzere und stellenweise überbrückte Furchen in drei Teile geteilt und als *obere*, *mittlere* und *untere Stirnwindung* bezeichnet. Ganz ähnlich verhält es sich an dem Hinterhaupts- und Schläfenlappen, und dementsprechend unterscheidet man auch hier je eine obere, mittlere und untere Windung. Innerhalb des Scheitelhirns verstreicht nur eine größere Furche; man unterscheidet daher (abgesehen von der hinteren Zentralwindung) hier auch nur einen *oberen* und *unteren Scheitellappen*. Falls erforderlich, macht man innerhalb des letzteren noch einige Unterabteilungen, von denen die mittlere, der *Gyrus angularis*, vielleicht die meistgenannte ist. Er schlingt sich um das

obere Ende einer unterhalb der *Fissura Sylvii* und parallel mit ihr verlaufenden langen Furche herum. Auf der Medianfläche der Hemisphäre beachte man zunächst die *Fissura calcarina*, die mit der *parieto-occipitalis* in einem spitzen

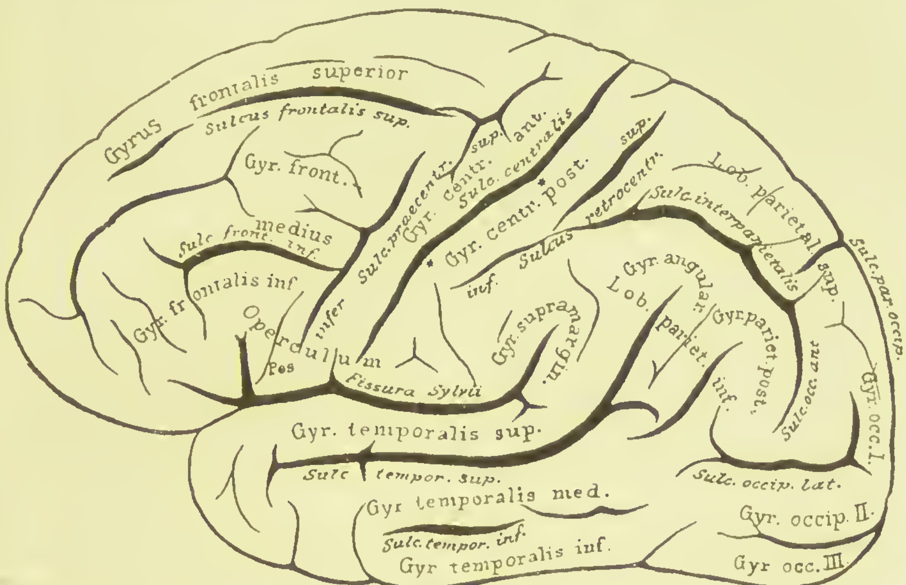


Fig. 11. Seitenansicht der linken Großhirnhemisphäre (nach Edinger).

Winkel zusammenläuft und dadurch mit dieser ein wichtiges Rindendreieck, den *Cuneus*, abgrenzt. Von Wichtigkeit ist dann noch der beinahe zu einem voll-

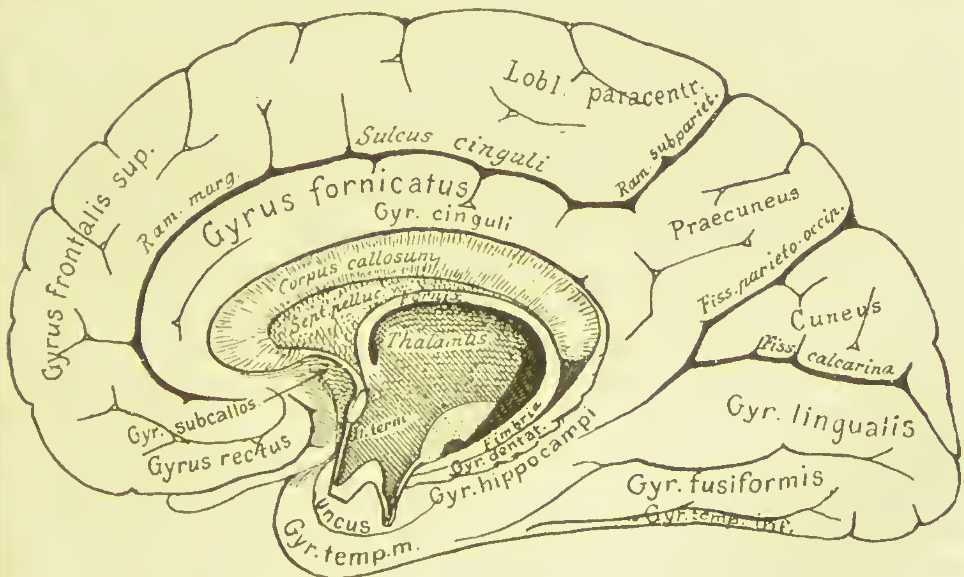


Fig. 12. Medianansicht der linken Großhirnhemisphäre (nach Edinger).

ständigen Kreise geschlossene *Gyrus fornicatus*. Er bezeichnet den Bogen, den die Hemisphären bei ihrem enormen Auswachsen nach hinten und unten um den Sehhügel herum beschrieben haben und wird daher auch *Randbogen* genannt.

Der untere Teil des Bogens, etwa da, wo die vereinigten *Fissurae parieto-occipitalis* und *calcarina* endigen, führt auch noch den besonderen Namen *Gyrus Hippocampi*. Dieser *Gyrus* ist mit einer eigentümlichen oft genannten Bildung verbunden, die den Schluß dieser kurzen Orientierung bilden mag. An seinem oberen Rande nämlich, gegen den Sehhügel zu, endet die graue Hirnrinde mit einer kleinen Umrollung, die etwa einem halben Fragezeichen ähnelt. In dieser Einbuchtung, deren Konkavität gegen die Medianebene des Gehirns gerichtet ist, verläuft dann noch eine dünne und selbst wieder mit Rinde überkleidete Windung, so daß der ganze Randstreifen auf dem Querschnitt etwas kompliziert aussieht. Er heißt von alters her *Ammonshorn* und wird uns in Verbindung mit dem Geruchsorgan wieder begegnen.

Was ist nun aber die Bedeutung der charakterisierten allgemeinen Struktur der Rindenorgane? wird man fragen; was wird durch die flächenhafte Anordnung der Rindenzellen erreicht? Offenbar bewirkt die Ausbreitung in dünner Schicht eine leichtere Zugänglichkeit der einzelnen Zellen und Zellenkomplexe; sie ermöglicht eine besonders reichliche Verbindung der verschiedenen Gebiete durch herantretende Fasern. Bei einer kompakten und klumpenhaften Anordnung lassen sich zwar die oberflächlichen Partien bequem mit anderswo gelegenen Gebilden in Verbindung bringen, aber für die Zellen im Inneren wird dies zunehmend schwieriger, weil man nicht an sie heran kann. Bei der Ausdehnung über eine dünne Fläche dagegen besteht für alle Teile die gleiche Leichtigkeit ausgiebiger Kommunikationen nach außerhalb, zumal wenn dazu beide Seiten der Fläche benutzt werden. Und augenscheinlich liegt die Bedeutung der beiden Rinden nun eben darin, das, was durch die massenhaften intrazentralen Fasern des Zentralstranges (S. 123) schon angestrebt wurde, in noch viel vollkommenerem Maße zu verwirklichen: e i n e m ö g l i c h s t v i e l s e i t i g e V e r b i n d u n g j e d e s e i n z e l n e n G e b i e t e s d e s N e r v e n s y s t e m s m i t a l l e n a n d e r e n u n d d a d u r c h i n d i r e k t j e d e s e i n z e l n e n O r g a n s m i t a l l e n a n d e r e n, s c h l i e ß l i c h a l s o d e n Z u s a m m e n s c h l u ß d e s g e s a m t e n O r g a n i s m u s m i t a l l e n s e i n e n T e i l e n z u e i n e r i n n i g v e r b u n d e n e n E i n h e i t.

In der Tat ist es gerade der enorme Reichtum an Verbindungen, der diese höchsten Zellenschichten charakterisiert. Namentlich die Rinde des Großhirns, auf deren nähere Betrachtung wir uns beschränken wollen, birgt in ihrem Inneren und umschließt in dem von ihr überwölbten Raum eine so erstaunliche und verwirrende Fülle von Fasern und Faserverzweigungen, wie sie die kühnste Phantasie nicht massenhafter ausdenken könnte. Ihrer allgemeinen Funktion nach sind drei Systeme dieser Faserverbindungen zu unterscheiden.

Die Angehörigen des ersten Systems haben wir schon kennen gelernt. Es sind die Fasern, welche die Rinde herwärts und hinwärts

mit der mittleren Neuronenschicht, den subkortikalen Zentren, verknüpfen, also solche Faserzüge wie die Pyramidenbahn, die Haubenstrahlung, die Sehstrahlung und zahlreiche andere. Man bezeichnet sie in ihrer Gesamtheit als *Stabkranz* oder als *Projektionsfasern;* jenes, weil sie, isoliert gedacht, um das obere Ende des Zentralstranges nach allen Seiten hin eine Art Strahlenkrone bilden, dieses, weil sie das übrige Nervensystem und durch dessen Vermittelung die ganze periphere Organisation gleichsam auf die Hirnrinde projizieren.

Die Fasern des zweiten Systems verbinden die Rindenpartien der einen Hemisphäre hinwärts und herwärts mit denen der anderen, und zwar sowohl symmetrisch wie auch unsymmetrisch gelegene Rindenbezirke untereinander. Sie heißen *Kommissurenfasern* und sind beim Menschen größtenteils in einer dicken und langgestreckten Markmasse vereinigt, die in der Mittellinie der beiden Großhirnhälften quer aus der einen in die andere zieht, in dem *Balken* oder *Corpus callosum* (Fig. 12).

Am zahlreichsten und wichtigsten sind die Fasern des dritten Systems; man darf sagen, daß es auf sie bei der Bildung der Rinde eigentlich abgesehen ist. Das sind die sogenannten *Assoziationsfasern*, denen die Aufgabe zufällt, die verschiedenen Zellen und Zellengebiete jeder Hemisphäre untereinander zu verknüpfen. Wie bei den entsprechenden Fasern der subkortikalen Zentren finden wir auch hier alles vorgesehen: Verbindung des nahe bei einander Gelegenen und Verbindung des weit von einander Entfernten. Das erste, die innige Verbindung der Zellen mit ihrer nächsten Umgebung, wird vielleicht vorwiegend durch die ungemein zahlreichen feinen Fasern geschehen, die in der Rinde selbst, parallel ihren Begrenzungsflächen verlaufen. Namentlich in der alleräußersten Rindenschicht, direkt an der Oberfläche des Gehirns, liegt ein dichter Filz solcher Fasern *(Tangentialfasern)*, während hier Ganglienzellen fehlen. Andere Fasern verbinden die Zellen nächstbenachbarter Windungen miteinander. Sie treten für den größten Teil ihres Verlaufes aus der Rinde heraus in das darunter liegende Marklager, aber nicht sehr tief, sondern schlingen sich dicht unter der Rinde U-förmig um die Furchen herum. Wieder andere endlich durchqueren größere Entfernungen, vielleicht bis zu den größten, die es im Gehirn überhaupt gibt, und bringen so die Zellenmassen entfernterer Hemisphärenprovinzen wie auch der an ihrem Wege liegenden Bezirke untereinander in Konnex *(lange Assoziationsbahnen)*. So sind z. B. Faserzüge nachgewiesen, die den Schläfenlappen mit dem Hinterhauptslappen, ferner solche, die ihn mit der Konvexität von Stirn- und Scheitellappen verbinden. Nahe der Mittellinie des Gehirns zieht ein weiteres Bündel von der Unter-

seite des Stirnlappens in großem Bogen ganz um den Balken herum, gleichfalls in den Schläfenlappen usf.

Wie es scheint, kommen Fasern von jeder der drei Arten auf allen Gebieten der Großhirnrinde vor. Aber doch mit erheblichen Unterschieden in ihrer relativen Anzahl. Die Projektionsfasern strahlen vorwiegend in bestimmte Windungen (oder von bestimmten Windungen) aus (s. Nr. 4), die insgesamt auf etwa ein Drittel der Rindenfläche veranschlagt werden. Die übrigen zwei Dritteile enthalten — wenn auch nicht ausschließlich, wie Flechsig behauptete — so doch überwiegend Assoziations- und Kommissurenfasern und dienen also wesentlich der Herstellung ausgiebigster Verknüpfungen zwischen den anderen Rindenpartien. Diese *Assoziationszentren* sind zu drei großen Bezirken zusammengeschlossen, von denen einer fast die ganze hintere Hälfte der Großhirnhemisphäre einnimmt. Der zweitgrößte umfaßt das Stirnhirn, das hinter der freien Stirnfläche, unmittelbar über den Augen gelegene Gebiet, das populär als Sitz der Intelligenz betrachtet wird, der dritte endlich die tief im Grunde des Vorderendes der Sylvischen Spalte versteckte Insel, die zu der Sprache Beziehungen hat. Bei Tieren sind eben diese Assoziationsbezirke relativ wenig entwickelt; in ihrer starken Ausbildung liegt also die letzte und höchste Vervollkommnung des Rindenorgans.

Im ganzen dem Großhirn ähnlich sind die Verhältnisse beim Kleinhirn; sogar in mancher Hinsicht noch verwickelter und daher weniger bekannt. Als Analogon des Stabkranzes haben wir z. B. hier eine direkt von Zellen des Rückenmarks in das Kleinhirn aufsteigende Bahn. Sie liegt außen an den Seitenflächen der weißen Rückenmarkssubstanz und heißt daher Kleinhirn-Seitenstrangbahn. Ebenso finden sich Systeme von Assoziations- sowie von Kommissurenfasern. Und damit nichts fehle, bestehen endlich auch noch Verbindungen der beiden Rinden von Großhirn und Kleinhirn untereinander, aber, wie es scheint, nicht direkt, sondern nur durch Vermittelung anderer ganglióser Massen.

Um den Zusammenhang der drei Schichten des Nervensystems zu veranschaulichen, diene noch das Schema Fig. 13. Ein äußerer Reiz trifft die Peripherie des Körpers D_1 und wirkt hier auf den Endapparat und den peripheren Fortsatz der Zelle D eines Spinalganglions. Auf dem zentralen Fortsatz der Zelle gelangt die Erregung durch die hintere Wurzel c ins Rückenmark und dringt in diesem in dem aufsteigenden Ast der sich gabelnden Faser bis in eine gewisse Höhe. Dann wird sie von einer neuen Zelle f aufgenommen und durch Vermittelung des Sehhügels (in der Figur fortgelassen) und eines in ihm gelegenen dritten Neurons bis in die Rinde des Großhirns g fortgeführt. Hier strahlt der Prozeß über auf die Protoplasmafortsätze einer Pyramidenzelle, steigt als motorischer Impuls in deren Achsenzylinder a abwärts und gelangt schließlich zu einer Vorderhornzelle b, die einige Muskelfasern C innerviert.

4. Beziehungen zwischen Peripherie und Großhirnrinde.[1] Überblicken wir das Ganze, so zeigt sich das Nervensystem als ein Apparat, der die zunächst voneinander isolierten Reiz-aufnehmenden und Bewegung-ausstrahlenden Organe an der Peripherie des Körpers in eine schnelle, enge und ungemein vielseitige Verbindung bringt. Das Mittel dazu liefert die Leitungsfähigkeit der Nervenfortsätze der einzelnen Neuronen. Um es auszunutzen, dienen zwei enorme, hintereinander geschaltete Zellenmassen. Die erste von diesen, die subkortikalen Zentren, ist durch hin- und herwärts laufende Fasern mit

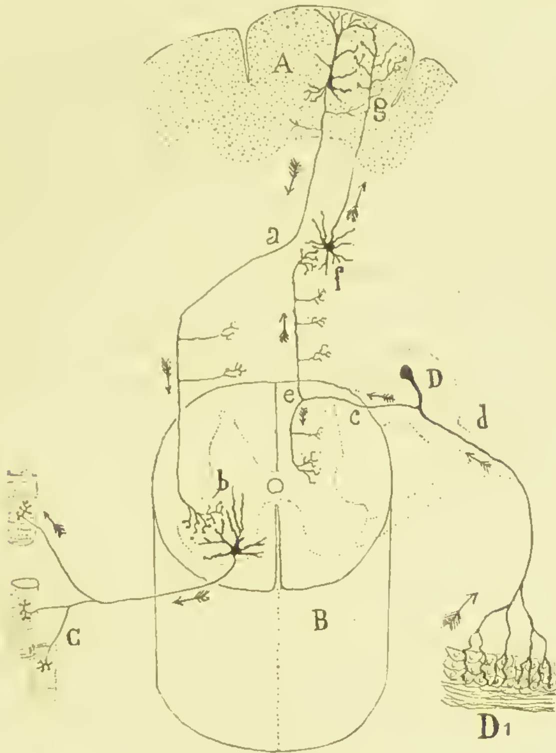


Fig. 13. Schema über den Verlauf der sensiblen Reize und der motorischen Impulse (nach Ramon y Cajal).

der Gesamtheit jener peripheren Organe verknüpft, die zweite, bestehend aus den beiden Hirnrinden, gleichfalls hinwärts und herwärts mit der ersten. Außerdem sind beide Massen in der mannigfachsten Weise in ihren verschiedenen Teilen in sich verknüpft, namentlich in der Großhirnrinde sind diese internen Verbindungen in einer erstaunlichen Reichhaltigkeit ausgebildet, und durch sie wird denn eben der vollkommene Zusammenschluß des Ganzen erreicht.

Charakteristisch für den ganzen Bau bleibt dabei namentlich die Hintereinanderschaltung der beiden Zentralapparate. Alle dem Organis-

[1] Die Literatur hierzu S. 163 Anm.

mus zugeführten Erregungen münden zunächst in die subkortikalen Zentren, und alle von ihm ausgehenden Bewegungen empfangen zuletzt von hier ihren Impuls, auch wenn die Herstellung einer Beziehung zwischen beiden in der Hirnrinde geschah. Und zwar laufen dabei die Erregungsvorgänge nicht einfach durch jene Zentren hindurch, sozusagen im Transitverkehr, sondern auf dem Hinwege sowohl wie auf dem Herwege müssen sie hier die nervösen Bahnen, in denen sie entlang ziehen, mindestens einmal wechseln und auf neue Elemente überspringen. Direkte Verbindungen aber zwischen der Rinde und den peripheren Organen haben sich nirgendwo ausgebildet, wie ja auch schon in der äußeren Form die Rindenorgane gar keine Beziehung zu der allgemeinen Gestalt des Körpers mehr erkennen lassen.

In diesem Verhältnis prägt sich dauernd ein Zug der Entstehungsgeschichte des Nervensystems aus, wie sie sich durch die Vergleichung mit niederen Tieren feststellen läßt. Jene beiden Zentralapparate sind als hintereinander geschaltete entstanden und bleiben nun auch später in der ursprünglichen Stellung zueinander. Auf primitiveren Stufen (z. B. beim Krebs) besteht das Nervensystem aus einer Anzahl räumlich getrennter kleiner Zellenkolonien, die den einzelnen Hautbezirken, Sinnesorganen und Extremitäten, zugeordnet sind und in relativ einfacher Weise durch Längsfaserzüge und Kommissuren miteinander in Wechselwirkung stehen. Bei dem Bedürfnis höherer Organismen nach engerer und vielseitigerer Verbindung vermehren sich die dieser Funktion dienenden Zellen, und die verschiedenen Zellenhaufen wachsen so schließlich zusammen zu einem ununterbrochenen, den Körper durchziehenden Strange. Die Spuren der ursprünglichen Anlage, nämlich die vorwiegende Beziehung der einzelnen Teile des Stranges zu den nächstgelegenen Sinnes- und Bewegungsorganen, gehen dabei aber nicht verloren. Vermutlich liegen darin für eine ausgiebigere Verknüpfung aller jener Teile untereinander gewisse Beschränkungen. So differenzieren sich dann allmählich, bei den weiter steigenden Anforderungen höherer Tiere an vielfache und für die eigenartigsten Lebenslagen ausreichende Wechselwirkungen aller Glieder ihres Körpers untereinander, solche rein der vielseitigen Verknüpfung dienende Organe wie die Seh- und Vierhügel, das Kleinhirn und schließlich, zu oberst, die Rinde des Großhirns. In ihrem Bau ist diese von Hause aus, ohne jeden Anschluß an die Körpergestalt, bloß auf die Ermöglichung zahlreicher und mannigfacher Verbindungen angelegt und leistet hierin das Höchste. Dafür aber tritt sie nun im übrigen nicht sozusagen in Konkurrenz mit dem Zentralstrange, sondern bedient sich, soweit es geht und so z. B. für den Verkehr mit der Peripherie, der für diesen bereits geschaffenen Bahnen.

Indes, obwohl sich direkte Verbindungen zwischen Hirnrinde und peripheren Organen nicht ausgebildet haben, so bestehen doch bestimmte Beziehungen zwischen beiden, die, soweit das Großhirn in Frage kommt, im Laufe der letzten Dezennien sehr eingehend und erfolgreich untersucht worden sind. Die peripheren Organe stehen zwar durch Vermittelung der zahlreichen Fasersysteme der Großhirnrinde mit allen ihren Provinzen irgendwie in Zusammenhang. Allein dieser Zusammenhang ist zum Teil doch sehr vermittelt und indirekt. Zunächst aber und auf dem kürzesten Wege ist jedes einzelne Organ nur mit einer ganz bestimmten und relativ beschränkten Rindenregion verbunden, wo die von ihm ausgehenden Erregungen zuerst die Rinde erreichen oder die zu ihm hinabgelangenden sie zuletzt verlassen. Jedes Organ ist auf der Rinde vertreten durch einen besonderen, ihm vorwiegend zugeordneten Bezirk, der allerdings nicht als ein ganz scharf umgrenzter zu denken ist, sondern an den Rändern allmählich in andere Bezirke übergeht. Ja, es läßt sich sogar eine gewisse allgemeine Gesetzmäßigkeit dieser Zuordnungen erkennen. Im großen und ganzen nämlich finden die ein peripheres Organ mit dem Zentralstrang verknüpfenden Bahnen ihre nächste und direkte Fortsetzung zur Hirnrinde ungefähr in derselben Richtung, in der sie in den Zentralstrang eintreten oder ihn verlassen. Die kortikale Repräsentation eines Organs ist daher im allgemeinen in einer ihm diametral gegenüberliegenden Gegend der Rinde zu suchen.

Besonders deutlich und sicher ist dieses Verhältnis bei den Augen. Die von ihnen auswachsenden sog. Sehnerven ziehen schräg von vorne in das Gehirn hinein und endigen in der hinteren Sehhügelgegend, indem sie mit ihren Endbäumchen die dort liegenden Ganglienzellen umspinnen. Diese geben die ihnen zugeführte Erregung vielleicht noch einmal an andere Zellen weiter, die Achsenzylinder der letztbeteiligten Zellen aber wachsen schließlich, nach einem kleinen Umwege, etwa in derselben Richtung weiter, in der die Sehnervenfasern eingedrungen sind, und gelangen also in die Rinde des Hinterhauptlappens. Die Rindenzentren des Auges liegen somit an der Oberfläche des Okzipitalhirns, im *Cuneus* und den drei Okzipitalwindungen. Wie man an der Ausdehnung dieser Gebiete schon erkennt, ist die Projektionsstrahlung bei weitem nicht so eng geschlossen und strangförmig zusammengehalten wie die primäre Einstrahlung. Die Fasern weichen vielmehr fächerförmig auseinander, um, wie man sich denken darf, Raum zu lassen für Assoziations- und Kommissurenfasern; außerdem vermehren sie sich vermutlich durch Aussendung von Kollateralen, so daß sie im ganzen einen Kegel mit relativ breiter hinterer Basis bilden.

Ähnlich liegt die Sache beim Ohr. Das akustische Rindenzentrum liegt zu ihm wie das optische zum Auge, nämlich wieder in den diametral gegenüberliegenden Rindenpartien, also in dem Schläfenlappen der gekreuzten Hemisphäre. Für die Nase ist das gleiche Verhältnis zunächst bei weniger hochstehenden Wirbeltieren deutlich. Die von vorne einstrahlenden Geruchsnervenfasern haben ihr primäres Zentrum in dem Riechkolben, dem *Bulbus olfactorius*. Von hier wachsen dann neue Fasern ungefähr in derselben Richtung weiter zu einer höheren Zellenstation und endigen schließlich hinten an der Innenseite der Hemisphäre, in der Rinde des Ammonshorns. Beim Menschen ist durch das Auswachsen der Hemisphären das Ammonshorn in einem großen Bogen nach unten unter den Sehhügel gerückt. Die sekundäre Riechstrahlung aber behält ihre ursprünglichen Beziehungen bei und verläuft erst gradlinig (als *Tractus olfactorius*) und dann mit zwei Zweigen, zum Teil vermittelt durch den Sehhügel, wieder zum Ammonshorn.

Eine geringe Abweichung besteht für die in das Rückenmark einstrahlenden Hautsinnesnerven. Ihre Projektionsfasern ziehen nicht direkt weiter in der Verlängerung der ursprünglichen Einstrahlung — hier würden sie ja auf keine Rinde stoßen, — aber doch in derjenigen Richtung, welche die periphere Bahn alsbald nach dem Eintreten in das Rückenmark einschlägt, nämlich in der Richtung von unten nach oben. Folgerichtig treffen sie — wieder nach Vermittelung durch den Sehhügel — auf die Großhirnrinde in der Verlängerung der Längsachse des Rückenmarks, also etwa in der Scheitelgegend. Von derselben Scheitelgegend gehen auch umgekehrt diejenigen Fasern aus, die von dem Großhirn zentrifugal hinabziehen zu den motorischen Zellen des Rückenmarks, die Fasern der Pyramidenbahn. Ihre Ausgangsstellen, die motorischen Rindenzentren, sind wieder, wie beim Auge, ganz besonders sicher lokalisiert: sie befinden sich beim Menschen vorwiegend in der vor der Zentralfurche gelegenen vorderen Zentralwindung. Und zwar hat sich noch genauer feststellen lassen, daß das obere Drittel dieser Windung der unteren Extremität, das mittlere der oberen Extremität und das untere (in Verbindung mit der benachbarten unteren Stirnwindung) der Mund- und Zungenmuskulatur zugeordnet ist. Das untere Ende der Zentralwindung und die untere Stirnwindung haben damit natürlich eine besondere Wichtigkeit für das Sprechen und werden auch als *motorisches Sprachzentrum* bezeichnet.

Mit den beschriebenen Beziehungen zwischen Peripherie und Hirnrinde hängt noch eine Eigentümlichkeit zusammen, die vielfach befremdet hat. Da die Sinnes- und Bewegungsorgane nicht gerade in der Medianebene des Körpers, sondern mehr oder weniger seitlich

von ihr liegen, so wachsen ihre Verbindungsbahnen mit dem Zentralstrang schräg in diesen hinein oder aus ihm heraus. Wenn nun die Stabkranzfasern zur Hirnrinde ungefähr dieselbe Richtung beibehalten, so folgt, daß sie innerhalb des Zentralstranges oder zwischen ihm und der Rinde die Medianebene kreuzen und nicht in der Hemisphäre derselben Seite, sondern in derjenigen der anderen Seite die Rinde treffen müssen. Das ist in der Tat im großen und ganzen der Fall: die zentrale Projektion der peripheren Sinnes- und Bewegungsorgane findet sich im allgemeinen nicht in der gleichseitigen, sondern in der gekreuzten Hemisphäre, und die Verbindung mit der gleichseitigen wird erst indirekt, durch Kommissuren, wieder gewonnen. Eine allgemeine Ausnahme hiervon macht nur die fast in der Medianebene des Körpers gelegene Nase; das Rindenzentrum jeder Riechschleimhaut befindet sich in der Hemisphäre derselben Körperseite. Außerdem bilden beim Menschen, wo alle Verhältnisse verwickelter liegen, sowie bei manchen höheren Tieren das Auge und das Ohr eine teilweise Ausnahme. Die kortikale Vertretung des menschlichen Auges liegt nur für die der Nase benachbarte Netzhauthälfte in dem gekreuzten Hinterhauptslappen, für die laterale Hälfte dagegen in dem gleichseitigen Lappen; ja, die Netzhautmitten sind beim Menschen sogar in beiden Hemisphären zugleich repräsentiert. Ähnlich steht jedes Ohr in engen Beziehungen zu beiden Schläfenlappen, wenn auch der anatomische Nachweis der gleichseitigen Verbindung noch fehlt.

§ 10. Funktion des Nervensystems.[1]

Die Funktionen des Nervensystems werden uns in gewisser Weise weiterhin dauernd beschäftigen, nämlich als Funktionen der Seele, als welche sie in anderer Gestalt zur Erscheinung kommen. Indes um diese andere Gestalt handelt es sich hier zunächst noch nicht, sondern darum, wie sich jene Funktionen für die rein äußere Beobachtung sichtbar und greifbar darstellen, oder doch auf Grund des Beobachteten als sichtbare und greifbare gedacht werden müssen.

1. Reflexbewegungen.[2] Wir abstrahieren zunächst von der

[1] Gesamtdarstellungen in den Lehr- und Handbüchern der Physiologie. Außerdem: Wundt, Physiologische Psychologie[5] I, Kap. 6. James, Principles of Psychology I, Chap. 2.

[2] Goltz, Beiträge zur Lehre von den Nervenzentren des Frosches. 1869. Goltz, Der Hund ohne Großhirn; Pflügers Archiv Bd. 51. 1892. Bubnoff u. Heidenhain, Über Erregungs- und Hemmungsvorgänge innerhalb der motorischen

oben unterschiedenen höchsten Schicht der nervösen Elementarorganismen, vor allem vom Großhirn, und betrachten lediglich das gemeinsame Funktionieren der beiden niederen Schichten, der subkortikalen Zentren und der peripheren Ganglien. Das Zusammenwirken dieser beiden Glieder des Nervensystems für sich besteht in der sogenannten Reflexbewegung, d. h. in der Zurückstrahlung einer an der Peripherie des Körpers entstandenen und jenen Zentren zugeführten nervösen Erregung an andere periphere Organe. Die peripheren Endigungen der in den Spinal- und Kopfganglien lagernden Neuronen werden durch äußere Reize affiziert, die hervorgerufenen Erregungen fließen in den zentripetalen Fasern jener Elemente dem Zentralstrange zu, springen hier mehr oder weniger direkt auf andere Neuronen mit zentrifugal leitenden Fasern über und bringen schließlich Bewegungsprozesse in Muskeln, Blutgefäßen oder Drüsen hervor. Zu solchen Reflexbewegungen gehören zahlreiche der allerbekanntesten und häufigsten Vorgänge, wie Pupillenreaktion, Lidschlag, Erblassen, Erröten, Schlucken, Atmen, Husten, Niesen, Zittern u. a. Daß hierbei, wie überhaupt im Nervensystem, die zentrale Umsetzung der Erregung nicht als eine bloße, sozusagen passive Übertragung aufzufassen sei, wurde früher (S. 31) schon berührt. Die ausstrahlende Erregung ist nicht einfach äquivalent der zugeführten, sondern übertrifft sie in der Regel beträchtlich, und zwar nicht erst zuletzt, in den Bewegungen der Muskulatur, sondern schon vorher, in den Innervationen, die zu jenen Bewegungen hinführen. Die Reflexion der Erregung ist also zugleich mit einer Auslösung von Spannkräften verbunden.

Die Nichtbeteiligung des Großhirns an jenen Reflexvorgängen darf man aus dem Umstande folgern, daß bewußtes Wollen auf sie ganz oder fast ganz ohne Einfluß ist, wie sie ja zum Teil sogar der bloß passiven bewußten Wahrnehmung entzogen sind (Pupillarreflex). Einen weiteren Beweis liefert das Verhalten neugeborener Kinder. Bei diesen, namentlich wenn sie zu früh geboren sind, funktioniert das Großhirn noch gar nicht, und doch lassen sich schon alle jene Bewegungen an ihnen beobachten und noch manche andere dazu, wie Saugen, Schreien, Strampeln usw. Bei niederen Tieren, denen das Großhirn fehlt, liegen die Verhältnisse besonders einfach und

---

Hirnzentren; Pflügers Archiv Bd. 26. 1881. S. Exner, Entwurf zu einer physiolog. Erklärung der psychischen Erscheinungen; I, Kap. 2. 1894. Merzbacher, Beziehungen der Sinnesorgane zu den Reflexbewegungen des Frosches: Pflügers Archiv Bd. 81 S. 222. 1900. H. E. Hering, Die intrazentralen Hemmungsvorgänge in ihrer Beziehung zur Skelettmuskulatur. (Eingehender Bericht mit reichen Literaturangaben). Ergebn. der Physiol. I. Jahrg. 2. Abt. S. 503. 1902.

lassen sich direkt untersuchen; indes bei der großen Verschiedenheit der Organisation unterliegt die Übertragung der Resultate auf den Menschen manchen Schwierigkeiten. Belehrender für diesen ist das Studium höherer Tiere, denen das Großhirn durch operative Entfernung genommen ist. Solche Eingriffe sind bis hinauf zum Hunde gelungen und haben dargetan, daß nach vollständiger Ausschaltung jenes Organs nicht nur Reaktionen wie die vorhingenannten, sondern noch eine große Fülle anderer und sehr verwickelter Bewegungen ausgeführt werden können. Tiere ohne Großhirn stehen selbständig und mit Erhaltung des Gleichgewichts, bewegen sich mit Vermeidung von Hindernissen, werden unruhig infolge von Nahrungsmangel, fressen das dargereichte Futter, wehren störende Eingriffe ab durch Beißen, Wegwischen usw. Selbst mancherlei seelische Regungen, wie Unbehagen, Befriedigung, Wut, scheinen ihnen noch innezuwohnen. Indes ob die dahin deutenden äußeren Zeichen wirklich von bewußten Vorgängen begleitet sind, ist natürlich nicht auszumachen und wird daher am besten gar nicht diskutiert. Die Hauptsache ist, daß ohne Beteiligung des Großhirns eine große Fülle äußerer Eindrücke noch mit hoch koordinierten und zweckmäßigen Bewegungen beantwortet werden.

Wie groß die Anzahl der bei einer Reflexbewegung beteiligten hintereinander geschalteten Neuronen sein mag, entzieht sich unserer Kenntnis. Bei den einfachsten Vorgängen ist nicht ausgeschlossen, daß ihrer nur zwei sind, daß also die auf zentripetalen Bahnen zugeführte Erregung ohne weiteres auf motorische übergeht und wieder nach außen geleitet wird. Im Rückenmark hat man in der Tat einstrahlende sensible Fasern direkt zu motorischen Vorderhornzellen herüberziehen und dort endigen sehen. Bei den komplizierteren oder den einige Zeit andauernden und sich erst allmählich ausbreitenden Reflexen indes werden wohl stets noch einige weitere Neuronen in den *Reflexbogen* eingeschaltet und an der Erregungsumsetzung beteiligt sein.

Eine von jeher bemerkte allgemeine Eigentümlichkeit der Reflexbewegungen ist die große Regelmäßigkeit und Gleichförmigkeit ihres Eintretens. Auf dieselben Reize antworten die subkortikalen Zentren so gut wie ausnahmslos mit denselben Bewegungen. Und zwar tun sie das bereits von dem ersten Dasein eines Wesens an. Sie brauchen nicht erst gelernt und allmählich ausgebildet zu werden, sondern sind ursprünglich gegeben. Eine ererbte Mitgift des Organismus, die in einer bestimmten Verkettung der Erregung-zuleitenden und der Erregung-ableitenden nervösen Elemente innerhalb der Zentralorgane ihre unveränderliche Grundlage hat. Werden Speisen in den vorderen Teil des Schlundes geschoben, so erfolgen Schling-

bewegungen, die sie reflektorisch in den Magen befördern. Fährt man jemandem schnell mit der Hand gegen das Gesicht, so zucken die Augenlider. Streicht man einem ganz jungen Kinde die innere Handfläche, so schließt sich die Hand; streicht man den Handrücken, so öffnet sie sich, einmal so wie alle Male. Es ist ähnlich, wie wenn der Anschlag einer bestimmten Klaviertaste immer denselben Ton gibt, oder beim Druck auf einen bestimmten Knopf sich immer dasselbe Schubfach öffnet, daher man auch von einer „mechanischen“ Regelmäßigkeit der Reflexe spricht.

Wohlgemerkt aber besteht diese Regelmäßigkeit im allgemeinen nur für ganz gleichartige Reize. Wird die Reizung in ihrem Charakter oder auch nur in ihrer Stärke geändert, erfolgt sie nicht mehr an derselben Stelle oder sind die begleitenden Umstände andere, so können völlig andere Reflexe ausgelöst werden. Kratzt oder sticht man die Innenfläche einer Kindeshand, so wird die Hand nicht geschlossen, sondern weggezogen. Reizt man die Extremität eines Tieres in mäßiger Stärke, so zuckt sie unter Umständen. Reizt man stärker, so bewegt sich auch die gleichnamige Extremität der anderen Körperseite. Hatte man das Tier vorher mit Strychnin vergiftet, so verfällt es in allgemeine Krämpfe. Betupft man den Schenkel eines enthaupteten Frosches mit Säure, so beseitigt er den Reiz durch Wegwischen mit dem Rücken des gleichseitigen Fußes. Schneidet man jetzt diesen Fuß ab, so wird der andere Schenkel zu Hilfe gezogen.

Naturgemäß zeigt sich ferner die feste Verkettung zwischen den einwirkenden Reizen und den sie beantwortenden Reaktionen auch in umgekehrter Richtung: soll eine bestimmte Bewegung eintreten, so muß der zu ihrer Hervorrufung geeignete Reiz einwirken. Fehlt dieser, so kommt es auch nicht zu der betreffenden Bewegung; wirken gar keine peripheren Reize ein, so erfolgt überhaupt gar keine Reaktion. Wird z. B. das Rückenmark einerseits vom Gehirn und andererseits von allen Erregung-zuführenden Bahnen getrennt, während alle Erregung-ausstrahlenden ihm gelassen werden, so ist allgemeine Bewegungslosigkeit die Folge, trotz erhaltener Bewegungsfähigkeit. Der Organismus ruht vollkommen (abgesehen natürlich vom Herzschlag) ohne doch tot zu sein, obwohl er freilich bald stirbt, wenn ihm nicht mindestens der Atemreflex gelassen wird. Sogenannte spontane Bewegungen von der Art, wie sie unter dem Einfluß des Großhirns allerdings vorhanden sind, gibt es für die subkortikalen Zentren allein nicht. Ihre Reaktionen (sofern sie nicht etwa durch innere pathologische Prozesse veranlaßt werden) geschehen alle nur auf den Anstoß und als Umsetzungen peripherer Reize.

Bei eingehenderem Studium der Reflexbewegungen hat man nun

wesentlich noch zwei weitere Eigentümlichkeiten kennen gelernt, die für das verwickeltere Spiel der nervösen Apparate von Bedeutung sind. Die eine ist die Erscheinung der Reflexhemmung. Wenn die Auslösung eines Reflexes mit einer anderweitigen sensiblen Reizung von einiger Stärke verbunden wird, so wird der Reflex abgeschwächt oder er bleibt ganz aus, er wird gehemmt. Natürlich ist dabei abzusehen von solchen Fällen, in denen die hinzutretende Reizung eine Bewegung auslöst, die der ursprünglich beabsichtigten Reflexbewegung direkt antagonistisch ist, wie wenn man z. B. Streckung und Beugung desselben Gliedes gleichzeitig hervorruft. Daß sich dies beides paralysiert, ist selbstverständlich. Allein ganz unabhängig von solchen mechanischen Aufhebungen gibt es völlig andersartige und auf direkten Wechselwirkungen der nervösen Prozesse beruhende Hemmungserscheinungen.

Ein vielerwähntes Beispiel für sie bildet der sogenannte Quakversuch. Streicht man einem großhirnlosen männlichen Frosch leicht über den Rücken zwischen den Schulterblättern, so quakt er; kneift man ihn gleichzeitig in die Hinterpfote, so bleibt er stumm. Goltz, von dem dieser Versuch herrührt, gibt noch manche ähnliche an. Kratzt man einem Hunde, dem vor längerer Zeit das obere Rückenmark durchschnitten ist, ganz leicht eine Seite des Bauches, so macht er „sofort äußerst gewaltsame Kratzbewegungen mit dem entsprechenden Hinterfuß“. Reizt man gleichzeitig eine beliebige andere Hautstelle, so unterbleibt der Reflex. Andere Beispiele sind von Heidenhain mitgeteilt worden. Ein Extremitätenmuskel eines Hundes wird mit seiner Sehne isoliert, sodaß eine Einwirkung der Antagonisten auf ihn nicht möglich ist, und auf irgend eine Weise in dauernde Kontraktion versetzt. Streicht man dann leicht über die Haut des Pfotenrückens, bläst man das Gesicht des Hundes kräftig an oder gibt ihm einen leichten Schlag auf die Nase, so tritt sogleich eine mehr oder weniger vollständige Erschlaffung des Muskels ein. Bei sehr starker anderweitiger Reizung können sogar die notwendigsten Reflexe, z. B. die Atmung, ausbleiben. Kurz, durch eine ganze Reihe einwandfreier Versuche wird dargetan, daß die Erregungsreflexion in einer bestimmten Richtung durch eine gleichzeitige anderweitige Inanspruchnahme der subkortikalen Zentren beeinträchtigt wird, daß also mehrere gleichzeitige nervöse Erregungen innerhalb des Zentralorgans einander irgendwie stören können. Aus dem täglichen Leben ist Ähnliches bekannt: unwillkürliche Bewegungsäußerungen bei heftigem Schmerz oder beim Kitzel unterdrückt man wohl, indem man sich auf die Zunge beißt, in die Beine kneift u. dergl. Die Fälle sind allerdings insofern anders, als hier die unterdrückten Reflex-

bewegungen durch andere, willkürliche Bewegungen gleichsam ersetzt werden, aber doch auch wieder insofern übereinstimmend, als jene Unterdrückung des Reflektorischen nur möglich ist, wenn die Willkürbewegung eine starke zentripetale Erregung hervorruft.

In hohem Maße wunderbar ist es nun, daß neben der Tatsache der Reflexhemmung noch eine andere besteht, die sich als ihr direktes Gegenteil darstellt. Eine irgendwie hervorgerufene Reflexbewegung kann durch anderweitige Erregung des reflektierenden Zellenkomplexes auch unterstützt und verstärkt werden; es gibt neben Hemmung auch Förderung (oder Bahnung) von Reflexen. Wenn Heidenhain bei dem vorhin erwähnten Versuch mit einem isolierten und reflektorisch zur Kontraktion gebrachten Muskel die Pfote des Tieres nicht leise strich, sondern stark drückte, so steigerte sich die Kontraktur. Gleicherweise steigerte sie sich, wenn er den Hüftnerven mit stärkeren Induktionsströmen reizte (während sie bei Reizung mit schwächeren Strömen gehemmt d. h. gelöst wurde). Merzbacher untersuchte den Einfluß von Hautreizen und von optischen Eindrücken auf das reflektorische Anziehen der herabhängenden Pfote bei Fröschen. Wenn beide Reizungen gleichzeitig einwirkten, war der Effekt allemal bedeutend stärker als die Summe der Wirkungen der Einzelreize. Er konnte mit jedem Einzelreiz bis nahe an seine Schwelle oder unter diese herunter gehen und erhielt durch ihre Vereinigung doch noch kräftige Reflexe. Augenscheinlich ist diese Erscheinung verwandt mit der oben (S. 113) schon erwähnten Summation von Reizungen. Dort sahen wir, daß gleichartige Reize, die kurz hintereinander denselben nervösen Elementen zugeführt werden, ihre Wirkungen allmählich steigern, daß die vorangehenden Reize, selbst wenn sie an sich wirkungslos bleiben, den Effekt der späteren verstärken helfen. Und hier erfahren wir nun, daß eine solche Unterstützung und Förderung auch eintritt, wenn bestimmten nervösen Elementen ganz verschiedenartige Reize von ganz verschiedenen Seiten her zufließen.

Die bestimmten Bedingungen, von denen einerseits die Hemmung und andererseits die Förderung der Reflexe abhängt, sind noch nicht genügend klargelegt. Im großen und ganzen kann man sagen, daß ein Reiz um so mehr reflexauslösend (oder verstärkend) wirkt, je lokaler er ist, und um so mehr reflexhemmend, über je weitere Reizflächen er sich erstreckt (Bethe). Nach Fortnahme des Großhirns z. B., ja auch bloß der Augen, zeigen sich alle Reflexe beträchtlich gesteigert, weil mit der Ausschaltung dieser Organe zahlreiche den subkortikalen Zentren sonst zugeführte Erregungen in Wegfall kommen. Jedenfalls steht die Tatsächlichkeit der beiden

Vorgänge außer Zweifel, und diese gleichzeitige Realität des Antagonistischen an denselben nervösen Gebilden kann uns vorbildlich sein für manche Erscheinungen des Seelenlebens bis zu den höchsten hinauf. Auch hier haben wir überall antagonistische Betätigungen: getreue Reproduktion und phantastische Umgestaltung, Wahrheit und Irrtum, Glaube und Aberglaube. Und doch sind alle diese Dinge Äußerungen desselben einheitlichen Seelenwesens und resultieren zum Teil aus dem Spiel der gleichen Kräfte, die sich nur unter etwas anderen Bedingungen betätigen.

2. Bedeutung der Reflexbewegungen für den Organismus. Die reflektorisch hervorgerufenen Bewegungen sind allemal solche, die für das Leben des Gesamtorganismus eine bestimmte Bedeutung besitzen. Sie bilden niemals ein wirres Durcheinander und Gegeneinander von Muskelkontraktionen, sondern sind stets sinnvoll koordiniert zu einheitlichen und einen bestimmten Zweck erfüllenden physiologischen Leistungen, wie Strecken, Beugen, Greifen, Atmen, Schlucken, Davonlaufen usw. Was das im einzelnen bedeutet, ist nichts Geringes. Ein Muskel besteht aus Tausenden von einzelnen Fasern, die alle für sich innerviert werden müssen. Nun geraten reflektorisch niemals einzelne Fasern oder Fasergruppen in Kontraktion, sondern immer nur ganze Muskeln. Eine einzelne Ganglienzelle aber versorgt immer nur wenige Muskelfasern, es müssen also Hunderte oder auch wieder Tausende von solchen Zellen stets zu gleicher Zeit und in nahezu gleicher Stärke in Erregung geraten. Außerdem wird eine sinnvolle Bewegung des Organismus niemals von einem einzelnen Muskel, sondern stets von einer größeren Anzahl, unter Umständen von mehreren Dutzenden ausgeführt, die sich in verschiedenen Abmessungen ihrer Tätigkeit an der Sache beteiligen. Das ergibt für die mitbeteiligten Ganglienzellen sehr große Zahlen und mannigfache Verschiedenheiten der Erregungsstärke. Und diese reiche Fülle von bestimmt koordinierten Erregungen wird nun unter Umständen durch ganz geringfügige, auf wenige Fasern beschränkte Reize ausgelöst, die sogar innerhalb gewisser Grenzen auf ganz verschiedenen Bahnen zugeführt werden können. Ob man die Hand eines Kindes etwas mehr in der Nähe des Zeigefingers oder etwas mehr in der Nähe des Ringfingers streichelt, ein Tier etwas höher hinauf oder etwas tiefer herunter in den Schenkel kneift, ist für den Effekt gleichgültig; der von verschiedenen Stellen her einstrahlende Reiz bewirkt doch stets ein gleichartiges Ansprechen der gesamten in Betracht kommenden Zellenmasse.

Neben dieser allgemeinen Zweckmäßigkeit aber wohnt den Reflexbewegungen zumeist noch eine andere und besondere bei: sie erscheinen

jedesmal *angepaßt dem besonderen Wert des jeweiligen Reizes für den Organismus*; sie bilden Reaktionen auf ihn, die sichtlich auf die Erhaltung des Organismus unter den obwaltenden Umständen gerichtet sind. Zuträgliche oder dem Bestande des Organismus notwendige Reizobjekte werden reflektorisch festgehalten und ihm einverleibt, störende und schädigende werden abgewehrt oder durch Flucht- und Schutzbewegungen unwirksam gemacht. Die Reflexe sind entweder Angriffs- und Bemächtigungs- oder Abwehr- und Fluchtbewegungen im Hinblick auf die Förderung des Organismus. Steckt man dem jungen Kinde einen zu seiner Nahrung geeigneten und wohlschmeckenden Gegenstand in den Mund, so spitzt sich dieser nach vorne zu und zieht das Objekt saugend nach innen, was unter Umständen noch durch eine Vorwärtsbewegung des Kopfes unterstützt wird; bei einem zur Nahrung ungeeigneten und bitteren Gegenstande verbreitert und öffnet sich der Mund, die Zunge stößt das Objekt fort, und der Kopf wendet sich zur Seite. Eine ruhig brennende und mild leuchtende Flamme gewährt dem Auge Gelegenheit zu einer ihm angemessenen und wohltuenden Betätigung; sie wird demgemäß von dem Kinde mit festgehaltenem Kopf dauernd fixiert und gleichsam aufgesogen; eine allzu intensive oder flackernde dagegen bewirkt Schließung der Augen und Wegwendung des Kopfes. Auch diese Veranstaltung näher betrachtet ist wunderbar genug. Von derselben Stelle desselben Organs aus, also bei ganz gleicher Zuleitung der äußeren Erregung, wird das eine Mal diese, ein andermal eine total andere Bewegung hervorgerufen, je nach der Bedeutung des Reizes für den Organismus. Die Hand eines Kindes, auf ihrer Innenfläche leicht gestreichelt, schließt sich und hält den angenehm erregenden Finger fest; werden dieselben Stellen mit derselben Bewegungsgeschwindigkeit gekratzt, so fährt die Hand zurück.

Welcher Mittel sich die Natur im einzelnen bedient, um diese zwiefache Zweckmäßigkeit der Reflexbewegungen herbeizuführen, läßt sich nur in den allgemeinsten Umrissen angeben und ist auch da noch hypothetisch. Immerhin möge es gestattet sein, dabei einen Augenblick zu verweilen.

Der sinnvollen Koordination der Reflexe dient *die Bildung von Zentren*. Die sämtlichen Ganglienzellen solcher Muskeln, die physiologisch zusammengehören und immer nur *in ganz gleicher Weise* in Tätigkeit geraten sollen, sind auf geeignete Weise (durch Schaltzellen und Kollateralen) so innig und allseitig untereinander verbunden, daß jede irgendwoher zugeführte Erregung sich gleich der ganzen Gruppe mitteilt und diese also, wenn überhaupt, so auch in allen ihren Gliedern und gleichmäßig in Tätigkeit versetzt. Erleichtert

wird dies vermutlich dadurch (wie S. Exner annimmt), daß sich die Erregungszustände der einzelnen Zellen wechselseitig unterstützen und steigern, gemäß dem vorhin erwähnten Prinzip der Förderung der Reflexe durch mehrere gleichzeitige Reize. Sind dagegen bei einer Bewegung zwei Muskelgruppen in verschiedenen Stärkegraden beteiligt, so kann dies dadurch erreicht sein, daß die den Einzelgruppen zugehörigen beiden Zentren selbst wieder untereinander in Verbindung gesetzt sind, aber doch weniger innig als die Glieder jedes einzelnen Zentrums unter sich. Eine Erregung des einen Zentrums bewirkt dann jedesmal auch eine Miterregung des anderen, nur ist diese schwächer als jene. Es können aber auch, und so scheint es sich bei komplizierteren Bewegungen zu verhalten, mehrere Einzelzentren gemeinsam einem höheren Zentrum untergeordnet sein. Vermöge der zahlreichen Kollateralen der Nervenfasern kann, wie mehrfach erwähnt, eine einzelne Ganglienzelle mit einer großen Anzahl anderer und an ganz anderen Orten gelegener Zellen in Verbindung gebracht werden. Hierdurch ist die Möglichkeit gegeben, von einer relativ beschränkten Zellengruppe aus eine sehr viel größere Anzahl anderer Zellen, die mehreren räumlich gesonderten Zentren angehören mögen, zu gemeinsamer Aktion aufzurufen. Ja, es besteht sogar die weitere Möglichkeit, ein niederes Zentrum gleichzeitig verschiedenen höheren Zentren unterzuordnen und so eine bestimmte Muskelgruppe je nach der Einstrahlungsbahn des äußeren Reizes in eine solche oder in eine andere zweckvolle Bewegungskombination zu verflechten. Und doch geht dabei die ursprüngliche Möglichkeit nicht verloren, jedes niedere Zentrum, wiederum durch eine anderswoher zugeführte Erregung, auch für sich anzusprechen.

Solche Zentra koordinierter Bewegungen sind namentlich im verlängerten Mark mehrfach direkt nachgewiesen worden, so z. B. für das Schlucken, Erbrechen, die Speichelsekretion u. a. Auch einzelne Zentren höherer Ordnung sind bekannt. Im Rückenmark müssen nach verschiedenen Erfahrungen mehrere Zentren gelegen sein, die die Gefäßinnervation einzelner Körperbezirke regulieren. Diese alle aber sind untergeordnet einem verhältnismäßig kleinen Bezirk im mittleren Teile des verlängerten Marks, von dem aus man die Gefäßinnervation fast des ganzen Körpers beeinflussen kann (Gefäßnervenzentrum). Von zwei anderen symmetrisch gelegenen Stellen desselben verlängerten Marks aus beherrscht man das gesamte, ziemlich komplizierte Spiel des Atmungsvorgangs (Atmungszentrum), obwohl der eigentliche Ursprung der hierbei mitbeteiligten Nerven der Zwerchfell- und Thoraxmuskeln sich erst viel tiefer im Rückenmark befindet.

Das Zustandekommen der anderen Zweckmäßigkeit der Reflexe,

ihrer Anpassung an Zuträglichkeit oder Unzuträglichkeit des jedesmaligen Reizes, läßt sich wenigstens für gewisse Umstände verständlich machen. Es bedarf dazu sozusagen der entgegengesetzten Einrichtung wie der soeben bei der Bildung der Zentren erwähnten. Bei diesen sind größere Mengen von Ganglienzellen und Zellengruppen zu Komplexen vereinigt, die immer gleichzeitig in Erregung geraten, wozu ja in Schaltzellen und Kollateralen die Mittel gegeben sind. Aber Schaltzellen und Kollateralen ermöglichen es zweifellos auch, verschiedene Zellengruppen so miteinander in Verbindung zu bringen, daß sie bei einem bestimmten Reize nicht gleichzeitig in Tätigkeit geraten, sondern daß die Erregung zunächst nur die eine Gruppe ergreift und erst bei einer genügenden Verstärkung des Reizes auch die andere. Es wird der Fall sein, wenn dem in verschiedenen Kollateralen zu verschiedenen Zellengruppen sich verzweigenden Reize auf der einen Bahn stärkere Widerstände in den Weg gelegt sind als auf der anderen, wenn er z. B. in der einen Richtung wesentlich längere Strecken zu durchlaufen oder zahlreichere Einschaltungen von Neuronen zu überwinden hat u. dgl. Er wird dann bei mäßiger Intensität nur die zugänglichste Gruppe in solcher Stärke erreichen können, daß er sie in Tätigkeit versetzt, bei größerer Intensität aber auch größere Widerstände zu überwinden vermögen und dann also durch seine Ausdehnung auf ganz andere Gruppen völlig andere Bewegungskombinationen hervorrufen. Wenn man nun bedenkt, daß in außerordentlich vielen Fällen der dem Organismus förderliche Reiz eine gewisse mittlere Stärke innehält, während der schädliche Reiz zugleich ein relativ starker ist, so leuchtet ein, wie mit jener einfachen Veranstaltung die Möglichkeit gegeben ist, von derselben peripheren Angriffsstelle aus, je nach dem Wert des Reizes für den Organismus, ganz verschiedene Bewegungsreaktionen auszulösen.

An dem Beispiel der gestreichelten und gekratzten Hand sei die Sache noch etwas konkreter ausgeführt. Die in das Rückenmark einstrahlenden sensiblen Nervenfasern, und also auch diejenigen der Hand, endigen, wie oben (S. 125) angegeben, vermöge zahlreicher Kollateralen in ganz verschiedenen Höhen der Zellensäule: mit einigen Zweigen gleich in der Gegend ihrer Einstrahlungsebene, mit anderen erst weiter oben, zum Teil senden sie noch Äste in das verlängerte Mark. Man wird nun annehmen dürfen, daß von den verschiedenen sich so der Fortpflanzung eines Reizes darbietenden Bahnen die kürzesten zugleich die geringsten Widerstände enthalten, während die längeren widerstandsreicher sind. Dann werden schwächere Erregungen eines Nerven bereits vollständig durch die ersten, d. h. der Einstrahlungsstelle nächstgelegenen, Kollateralen absorbiert werden. Sie

übertragen sich auf die motorischen Zellen des Einstrahlungsgebietes und werden dazu verbraucht, diese nach außen zu entladen; aber für die höher gelegenen Kollateralen und Zellengruppen bleibt nichts übrig. Es ist ähnlich, wie wenn die Bewohner der oberen Stockwerke eines hohen Hauses aus ihrer Wasserleitung kein Wasser bekommen können, wenn bei mäßigem Wasserquantum und geringem Druck gleichzeitig unten gezapft wird. Erst bei stärkerer Reizung des Nerven gelangt die Erregung in hinreichender Stärke auch höher hinauf und versetzt mehr oder weniger zahlreiche der entfernteren Zentren in Tätigkeit. Außerdem wird man noch dies annehmen dürfen: die der Einstrahlungsstelle eines sensiblen Faserbündels nächstgelegenen motorischen Zentren führen bei ihrer Entladung eine irgendwie sinnvolle Bewegung solcher Körperglieder herbei, die dem peripheren Hautbezirk jener Nervenfasern gleichfalls zunächst liegen. Die der Einstrahlungsstelle ferner liegenden motorischen Zentren dagegen dienen auch der Beweglichkeit entfernterer Körperabschnitte.

Unter diesen relativ einfachen Voraussetzungen nun ist klar, wie bei verschiedenen Reizungen derselben Hand eben die verschiedenen Effekte zustande kommen müssen, die sich als tatsächliche beobachten lassen und zunächst ziemlich rätselhaft erscheinen. Wird die Innenfläche der Hand leicht gestrichen, so neigen sich die nächstbenachbarten Körperglieder, nämlich die Finger, reflektorisch der gereizten Stelle zu. Das erscheint als Angriffsbewegung, denn unter Umständen wird das äußere Reizobjekt dadurch festgehalten. Bei leichter Streichung des Handrückens ist es ähnlich. Die Finger neigen sich wieder der gereizten Stelle zu, nur kommen sie aus Gründen, die in bezug auf den gegenwärtigen Vorgang als zufällige gelten können, nicht weit genug herum: sie strecken sich bloß und öffnen die Hand. Ist die Reizung jener Hautstellen dagegen sehr stark, so erfolgen nicht mehr nur Bewegungen der Finger (obwohl diese auch), sondern dazu solche entfernterer Gliedabschnitte, des Unterarms, Oberarms, der Schulter, unter Umständen des Kehlkopfes usw. Der Angriff des Reizes auf die Hand wird dadurch im allgemeinen aufgehoben. Entweder wird der Arm zurückgezogen und die Hand also aus dem Bereich des Reizes gebracht, oder er wird gestreckt und die Reizursache damit fortgestoßen. Der Angriffsreflex wird also gleich in seinem Entstehen schon gestört, und an seine Stelle treten Flucht- und Abwehrbewegungen, die nun eben bei starker äußerer Reizung in der Regel das der Erhaltung des Organismus Angemessene sind.

Das sind also zwei wesentliche Eigenschaften der Reflexbewegungen in dem Gesamthaushalt des Organismus: sinnvolle Koordination und zweckmäßige Anpassung an den jedesmaligen Wert der sie auslösenden

Reize. Indes nicht alles ist Helligkeit und Vortrefflichkeit in diesem Bilde; die Reflexe haben auch ihre Unvollkommenheiten, wenn es auch nur sozusagen die Fehler ihrer Tugenden sind.

Das Singen der Vögel und das Balzen des Auerhahns ist die reflektorische Ausstrahlung gewisser, von inneren Organen ausgehender Reizungen. Es ist im allgemeinen zweckmäßig, denn es lockt die Weibchen an, ermöglicht so die Betätigung der Geschlechtsfunktion und sichert die Erhaltung der Art. Aber wenn zufällig ein Mensch oder ein Raubtier in der Nähe ist, so verrät es den Standort des Vogels und bewirkt seinen Untergang nur um so sicherer. Hätte das Tier den nahenden Feind gesehen, so hätte es statt des Singens anders reagiert, es wäre davon geflogen. Aber auf den ungesehen Heranschleichenden sind seine Reflexmechanismen nicht eingerichtet, sie sind nicht umsichtig genug. Der Organismus des Kindes bedarf des Zuckers, denn seine natürliche Nahrung ist süß und es gedeiht bei dieser vortrefflich. Es ist daher im allgemeinen auch zweckmäßig, daß das Kind auf sonstige Süßigkeiten mit Lecken, Speichelabsonderung und Verschlucken reagiert. Aber der Zufall kann ihm ein Stück Bleizucker in die Hände spielen, und seine sonst zweckmäßige Reflexaktion bringt ihm hier den Tod. Sowie die schädlichen Folgen des Giftes anfangen, sich für den Körper bemerklich zu machen, treten zwar prompt und energisch reflektorische Abwehrbewegungen ein, in Gestalt von Erbrechen, aber jetzt kommen sie zu spät. Auf eine frühzeitigere Berücksichtigung der mit Süßigkeit sonst noch verbundenen mannigfachen Eigenschaften und der ganz verschiedenartigen Folgen, die daraus erwachsen, ist die Reflextätigkeit wiederum noch nicht eingerichtet, sie ist nicht weitsichtig genug.

Offenbar beruhen diese Mängel auf der gleich zu Eingang (S. 139) erwähnten Gleichförmigkeit und ursprünglichen Fertigkeit der Reflexe. Mit nie versagender Sicherheit werden sie von dem ersten Dasein eines Wesens an durch die entsprechenden Reize hervorgerufen, und da sie eben auf diese Reize zweckmäßig zugeschnitten sind, so ist das im ganzen ein ungeheurer Vorteil für den jungen Organismus. Allein als fertige Veranstaltungen können sie natürlich nicht auf alles eingerichtet sein. Die an und für sich denkbaren Begleiterscheinungen eines bestimmten Reizes oder seine unter verschiedenen Umständen möglichen Folgen sind unerschöpflich mannigfaltig. Für das unendlich Vielfache aber lassen sich keine bestimmten Vorkehrungen treffen. Der Reflexapparat paßt daher nur für den großen Durchschnitt der Lebenslagen einer bestimmten Klasse von Wesen. Bei besonderen Zuspitzungen der individuellen Verhältnisse dagegen, oder bei relativ selteneren Vorkommnissen (die der absoluten Häufigkeit nach doch

noch außerordentlich zahlreich sein können), versagt er. Er ist dem generellen Charakter des jedesmal gegenwärtigen äußeren Reizes zweckmäßig angepaßt, aber auf das, was sonst wohl noch in der Welt vorhanden ist oder nachfolgt, und was, ohne schon direkt sinnlich einzuwirken, doch für den wirklich eintretenden Nutzen oder Schaden von großer Bedeutung ist, nimmt er keine Rücksicht. Und da die nervösen Elemente der subkortikalen Zentralorgane zur Herstellung der mannigfaltigen Reflexbahnen im wesentlichen verbraucht sind, so kann auch keine Verbesserung in dieser Hinsicht erfolgen. Die Reflexe vervollkommnen sich in der Regel nicht. Sie biegen sich nicht zurecht nach den häufigeren Erlebnissen eines bestimmten Individuums; sie sind und bleiben starre Durchschnittsveranstaltungen, die infolge mangelnder Anpassung an das nicht ganz Gewöhnliche und an das räumlich und zeitlich Entlegene verwickelteren Lebenslagen in der Regel nicht gewachsen sind.

Zu diesem ersten Mangel gesellt sich ein zweiter, der allerdings nicht allen Reflexen, aber fast durchweg den einer Abwehr dienenden anhaftet. Man sehe ein junges Kind, dem sich ein Insekt auf die Backe gesetzt hat. Es verzieht das Gesicht, fährt mit den Ärmchen in der Luft herum, wirft sich hin und her, bricht in fürchterliches Schreien aus usw. Wenn der Zufall will, daß es mit den herumfahrenden Händen das Insekt berührt oder mit der Backe an die Kissen streift, so fliegt das Tier fort; vielleicht wird auch ein Erwachsener durch das Schreien herbeigezogen und verjagt es; insofern also sind alle jene Bewegungen zweckmäßig gewesen. Aber wieviel Mühe hat die ganze Sache doch gemacht, und welcher wahrhaften Vergeudung von Mitteln hat es bedurft, um ein so einfaches Resultat schließlich zu erreichen. Der angehende Schlittschuhläufer will mit den Beinen laufen, aber in der seltsamsten Weise laufen seine Arme und der ganze Oberkörper gleichsam mit. Die Bewegungen, die sie reflektorisch vollführen, dienen der Erhaltung des Gleichgewichts und der Abwehr des Fallens und erfüllen somit ihren guten Zweck. Aber wie das Beispiel des geübten Läufers zeigt, tun sie es in einer höchst unökonomischen und zugleich unvorteilhaften Weise, indem sie den Lernenden unnötig erhitzen und vor der Zeit ermüden. So verhält es sich vielfach, vornehmlich wie gesagt bei den Abwehrreflexen. Sie dienen einem gewissen Zweck, aber sie sind nicht einfach und direkt auf diesen zugespitzt, sondern verwirklichen ihn halb zufällig, indem aus einer großen Fülle von reflektorisch angeregten Bewegungen irgend eine nach vielen Fehlschlägen sozusagen tappend auch einmal das Richtige trifft.

Daß es so ist, wird wiederum verständlich aus der eben erwähnten

ursprünglichen Fertigkeit der Reflexbewegungen. Das dem Organismus Unzuträgliche und darum Abzuwehrende ist im Verhältnis zu dem Zuträglichen und Förderlichen ein unbestimmt Vielfaches. Welcher Nahrungsmittel ein Wesen zu seiner Erhaltung bedarf, läßt sich, wenn ihrer auch viele sind, doch positiv angeben und aufzählen, welche Stoffe ihm schädlich sind, nicht mehr; die große Mehrzahl dessen, was es überhaupt gibt, gehört hierher. Gegen das unbestimmt Mannigfaltige aber lassen sich von vornherein keine bestimmten Maßregeln treffen, und so hilft sich die Natur hier mit zahlreichen vagen Bewegungen, die eben wegen ihrer Reichhaltigkeit für viele möglichen Fälle gleichzeitig passen, aber damit auch für jeden einzelnen außerordentlich viel Überfluß und Verschwendung enthalten.

3. Funktion des Großhirns. Wir sehen nun zu, wie das beschriebene Zusammenwirken der beiden niederen Schichten des Nervensystems verändert und zum Teil verwickelt wird durch das Eingreifen der dritten und höchsten Schicht, lassen aber dabei das Kleinhirn außer Betracht und beschränken uns auf die Wirkungsweise des Großhirns.

Die den subkortikalen Zentren zugeführten Erregungen werden nur zum Teil in diesen direkt reflektiert und zur Auslösung äußerer Bewegungen verwandt. Zum Teil laufen sie weiter in die Großhirnrinde und werden erst von hier nach mannigfachen Umsetzungen in jene Zentren zurückgestrahlt, um nun modifizierend in das direkt entfesselte Reflexspiel einzugreifen. Und zwar modifizierend in zwiefacher Weise: hemmend und fördernd. Es gehört eben, wie wir sahen (S. 141 f.), zu den Eigentümlichkeiten der Reflexzentren, durch anderweitig zugeführte Erregungen je nach Umständen gehemmt oder gefördert zu werden. Beides muß also begreiflicherweise auch unter dem Einfluß der ihnen zufließenden Rindenerregungen stattfinden. Es läßt sich aber auch noch direkt zeigen, daß es der Fall ist.

Man kann die Pfote eines Tieres durch periphere Reize, Induktionsschläge oder taktile Einwirkungen, zum Zucken bringen. Dasselbe ist von der Großhirnrinde aus möglich, da (wie S. 136 erwähnt) die zu der Muskulatur der Pfote hinziehenden Nervenfasern mit einer bestimmten Gegend der Rinde in nächster Beziehung stehen. Bei jeder Erregungsweise entspricht natürlich einer bestimmten Reizgröße eine bestimmte Zuckungsstärke, und bei einer gewissen Abschwächung der Reize erfolgt gar keine Zuckung mehr. Stellt man diese Beziehungen für einen konkreten Fall fest und reizt dann die Pfote nicht nur von einer Seite her, sondern von beiden zugleich oder nahezu zugleich, so ist die erfolgende Zuckung allemal erheblich stärker als für jeden Einzelreiz; zwei an und für sich eben unwirksame Reize

z. B. liefern vereint noch eine kräftige Zuckung. Die von der Hirnrinde aus dem subkortikalen Zentrum der Zuckung zugeleitete Erregung verstärkt also die von der Peripherie herkommende und umgekehrt, ganz ähnlich wie mehrere periphere Erregungen allein sich summieren und sich wechselseitig die Wege bahnen.

Daß aber andererseits Rindenerregungen auch hemmend in die subkortikalen Vorgänge eingreifen, wird bei einer Abänderung des eben beschriebenen Experiments ersichtlich. Bringt man auf irgend eine Weise, z. B. durch periphere Reizung, auf dem Wege des Reflexes, die Muskeln einer Pfote zu dauernder Kontraktion, so läßt sich diese durch schwache Reizung der zugehörigen Rindenstelle zur Lösung bringen. Die bestehende subkortikale Erregung wird hier also durch eine hinzutretende kortikale nicht verstärkt, sondern vielmehr aufgehoben oder doch vermindert. Das Gleiche zeigt sich in mannigfachen anderen Beobachtungen. Man kann einen Anreiz zum Husten, Lachen oder Niesen bekanntlich eine Weile unterdrücken, wenn er nicht gar zu heftig ist. Und zwar braucht das nicht notwendig durch eine Kontraktion antagonistischer Muskeln zu geschehen, die jene Reflexe physisch unmöglich macht, sondern man vermag es durch einen eigentümlichen, direkt auf die Unterdrückung gerichteten Willensakt, d. h. eben durch einen Großhirnprozeß. Sehr belustigend ist ein von Darwin erzähltes Experiment. Er wettete mit einem Dutzend junger Leute, daß sie nach einer Prise Schnupftabak nicht würden niesen können, und gewann seine Wette in allen Fällen. Es erfolgten reichliche Tränensekretionen und mannigfache Grimassen, aber der sehnlichst herbeigewünschte und sonst ziemlich unfehlbare Reflex wurde eben durch dieses Wünschen am Zustandekommen gehindert. Beim willkürlichen Schlucken geht es bisweilen ähnlich. Das absichtliche Verschlucken einer Pille ist bekanntlich nicht ganz leicht; wenn Kinder einen schwer zu zerkleinernden Bissen längere Zeit im Munde behalten, und man ihnen dann befiehlt, ihn doch endlich hinunterzuschlucken, sind sie dazu oft beim besten Willen nicht imstande.

Das Großhirn beeinflußt also, daran kann kein Zweifel sein, die Erregungsreflexionen der niederen nervösen Zentralorgane je nach Umständen in zwei entgegengesetzten Weisen, ebensowohl fördernd und bahnend wie hemmend und abschwächend. Was wird nun, müssen wir fragen, durch diese seine Eingriffe zustande gebracht? welches Resultat für das Ganze wird dadurch erreicht oder doch angestrebt? Das läßt sich im Anschluß an die vorhin erörterte Bedeutung der Reflexbewegungen jetzt kurz so formulieren: die für den Organismus vorteilhaften und wertvollen Eigenschaften der bloßen

Reflexe werden durch das Großhirn noch gesteigert und vervollkommnet, die ihnen anhaftenden Mängel und Unvollkommenheiten dagegen werden verringert oder ganz beseitigt. In dem Großhirn werden einerseits Koordinationszentren ausgebildet für ungleich mannigfaltigere und viel feiner gegliederte Bewegungen, als die subkortikalen Gebilde sie erkennen lassen. Von hervorragender Bedeutung für den Menschen sind z. B. Zentren für das artikulierte Sprechen, die im hinteren Drittel der unteren Stirnwindung gelegen sind. Andererseits wird die zweckmäßige Anpassung der Bewegungen an den jedesmaligen Wert des Reizes durch das Großhirn von den verschwenderischen Mitbewegungen befreit, die wir ihr vielfach anhaftend fanden, und sie erscheint zugleich nicht mehr bloß an den unmittelbar gegenwärtigen Reiz und seinen Durchschnittscharakter gebunden, sondern weiß sich auch dem weniger Gewöhnlichen und dem räumlich und zeitlich Entlegenen umsichtig anzubequemen.

Fühlt das junge Kind einen Schmerz, so fährt es mit den Händen umher, wälzt sich und schreit; will es etwas haben, so arbeitet es mit Händen und Beinen, mit Stimme und Mienenspiel, und verfehlt, ungeschickt hin- und herfahrend, doch oft sein Objekt. Ist es herangewachsen, so streckt es den Arm aus und auf dem kürzestmöglichen Wege, mit Umgehung aller Hindernisse und Vermeidung alles zwecklosen Gezappels, greift es nach dem ersehnten Zucker oder nach der schmerzenden Stelle. Und so lernt es eine Fülle anderer subtiler Bewegungen ausführen, alle knapp und scharf auf die einfachste Realisierung eines bestimmten Zweckes zugespitzt, wie das schon erwähnte Sprechen, dann Singen, Tanzen, Zeichnen, Nähen usw. Das Insekt wird von dem Licht angezogen und fliegt darauf zu; an dem umgebenden Glaszylinder fühlt es die sengende Hitze und prallt zurück. Aber kaum ist es in Sicherheit, so beginnt das Spiel von neuem; dreimal, sechsmal, wie ein Automat, durchläuft das Tier dieselbe Folge von zwei entgegengesetzten Eindrücken und zwei entgegengesetzten Reaktionen, bis es mit stückweise versengten Flügeln am Boden liegt. Das Kind verbrennt sich auch einmal oder zweimal, aber dann ist es gewitzigt. Es antizipiert beim Anblick der Flamme bereits den Schaden, der aus einer Angriffsbewegung gegen sie entstehen würde, und reagiert nun auf den gegenwärtigen Eindruck mit einer Anpassung an die zukünftige Folge, indem es die Angriffsbewegung gleich im Entstehen unterdrückt. Das ist der Einfluß des Großhirns. Es verleiht den Bewegungen, mit denen der Organismus die ihn treffenden Reize zweckvoll beantwortet, die feinste Koordination und dazu Umsicht im Raume, Weitsicht in der Zeit und Ökonomie in der Verwendung der Mittel. In der höchsten

Steigerung seiner Wirkungen macht es, daß man in einem gegebenen Augenblick in Berlin etwas tut, was den zur selben Zeit in Paris, London und St. Petersburg obwaltenden Umständen angemessen ist, oder daß man sich im Jahre 1866, in direkter Entgegensetzung gegen die Eindrücke der unmittelbaren Gegenwart, so benimmt, wie es sich ein Dutzend Jahre später als richtig erweist.

Was diese Leistungen des Großhirns ermöglicht, ist ganz im allgemeinen schon mehrfach gesagt worden: es ist der ungeheure Reichtum von wechselseitigen Verbindungen seiner Elemente. Indes ist damit noch nicht klar, inwiefern denn diese bloße Struktureigentümlichkeit das Vehikel jener Vervollkommnungen werden kann, weshalb eigentlich eine besonders reichlich in sich verbundene Zellenmasse zu so viel höherstehenden Leistungen befähigt ist als eine weniger reichlich verbundene. Es sei auch hier wieder gestattet, auf den Versuch einer Konstruktion der Tatsachen etwas näher einzugehen, soweit uns die Dinge überhaupt schon verständlich sind.

Die subkortikalen Zentren sind im wesentlichen ein mit der Geburt fertiges und ausgebildetes Organ. Ihre letzten Elemente sind ein für allemal so geordnet, daß eine auf bestimmten Bahnen zugeführte Erregung sich auf bestimmten anderen Bahnen fortpflanzt, weil eben die Ursprungsstätten dieser Bahnen den zuführenden Fasern zunächst liegen. Der Apparat arbeitet daher auch im ganzen immer in derselben Weise; er lernt nichts Erhebliches. Wie er bisher in Anspruch genommen worden ist, ist für sein künftiges Funktionieren natürlich nicht völlig belanglos, aber auch nicht von sehr wesentlicher Bedeutung. Ähnlich vielleicht, wie bei einem Klavier die stark gespielten Partien sich zwar irgendwie von den minder stark gespielten unterscheiden, aber trotzdem doch dieselben Griffe immer wieder mit denselben Klängen beantworten.

Die Rinde des Großhirns dagegen ist ein erst während des Lebens und durch das Leben sich ausbildender Apparat. Das heißt, er ist natürlich anatomisch vorgebildet; gewisse Faserverbindungen sind da, andere sind nicht da. Aber der anatomische Bau legt der Funktion, der Umsetzung und Weiterleitung der zugeführten Erregungen, keinen festen Zwang auf. Denn die Faserverbindungen sind so ungeheuer reichhaltig, und die nach verschiedenen Richtungen weiterführenden Bahnen sprechen auf jeder Stelle so gleichmäßig an, daß das, was aus einer irgendwo anlangenden Erregung nun weiter wird, die Wege, in denen sie Energie auslösend weiterstrahlt, von vornherein nicht näher bestimmt ist. An und für sich wird sie nach verschiedenen Richtungen gleichmäßig abgeleitet und verläuft sich so ursprünglich ohne charakteristische Wirkung. Erst durch die im

Verlauf des Lebens tatsächlich eingetretenen Eindrücke werden allmählich für bestimmte Erregungen gewisse Fortleitungsrichtungen vor anderen bevorzugt und besser ausgebildet, und damit die mannigfachen Möglichkeiten der ursprünglichen Anlage bestimmten Zwecken dienstbar gemacht.

Es besteht nämlich für die Fortpflanzung von Erregungen, denen an und für sich mehrere Richtungen offenstehen, eine wichtige Eigentümlichkeit der nervösen Substanz. Allerdings hat sie sich noch nicht, wie etwa die Bahnung und Hemmung von Erregungen, direkt sinnlich nachweisen und demonstrieren lassen, indes wird ihre Ansetzung durch den Zwang der zu erklärenden Tatsachen genügend sichergestellt. Diese Eigentümlichkeit besteht in dem physiologischen Assoziationsgesetz: werden mehrere Erregungen verschiedenen Stellen der Großhirnrinde gleichzeitig oder mit geringer Zwischenzeit zugeführt, so ruft hinterher die Wiederkehr der einen Erregung auch die anderen (in der ursprünglichen Ordnung) hervor, ohne daß es für diese der entsprechenden äußeren Reize bedarf. Durch das Nebeneinanderbestehen zweier Erregungen werden die zwischen den betreffenden Rindenstellen hinwärts und herwärts verlaufenden Faserzüge für einige Zeit leitungsfähiger, durchlässiger gemacht als die von jenen Stellen anderswohin führenden zahlreichen Bahnen. Wird nun auf der einen Stelle die früher dagewesene Erregung wieder erzeugt, so verläuft sie sich jetzt nicht mehr nach allen möglichen Richtungen, sondern entlädt sich vorwiegend in der Richtung auf die andere Stelle und versetzt hier die früher von außen erregten Zellen in Miterregung. Auf solche Weise gewinnt allmählich die Vergangenheit, d. h. die Gesamtheit der früheren Eindrücke, psychologisch ausgedrückt die Erfahrung, Einfluß auf die Reaktionen des Nervensystems in der Gegenwart; am meisten natürlich das häufigst Erlebte, weil es die besondere Leitungsfähigkeit bestimmter Bahnen immer stärker ausbildet. Nun ist aber das Vergangene nicht einfach vergangen und dahin. Sondern was früher mit einem Eindruck häufig verbunden war oder häufig auf ihn folgte, das pflegt auch später in Verbindung mit ihm häufig wiederzukehren und objektiv vorhanden zu sein, auch wenn es noch nicht direkt sinnlich einwirkt. Und Bewegungen, die sich früher häufig als unzweckmäßig oder überflüssig erwiesen und zur Unterdrückung aufforderten, haben auch später meist diesen Charakter. Das ist eben zum Glück die Konstitution der uns umgebenden Natur: bei aller Buntheit und Flüchtigkeit ist sie doch zugleich auch gleichförmig und regelmäßig: was sie brachte, bringt sie auch wieder. Und weil dem so ist, weil die Vergangenheit eines Individuums eben das ist, was ihm in seinen kon-

kreten Lebensumständen in der Zukunft im großen und ganzen wieder begegnet, so bedeutet die Erziehung, die sein Großhirn durch jene erfährt, zugleich eine vervollkommnete Herrschaft über diese. Sein Nervensystem beantwortet die äußeren Eindrücke mehr und mehr mit Bewegungen, die nicht sowohl starr und kurzsichtig ihnen selbst, als vielmehr ihren zukünftigen Folgen und ihren räumlich entlegenen Begleitumständen zweckmäßig und sparsam angepaßt sind.

Wie dieser Einfluß der Erfahrung sich im einzelnen gestaltet, wird uns später beschäftigen; vorläufig möge nur ein Schema mitgeteilt werden, das einen einzelnen Fall der Anpassung an zukünftige Eindrücke auf Grund des vergangenen Erlebnisses gut veranschaulicht. Es rührt von Meynert her (Psychiatrie S. 147) und illustriert das Sprichwort: „Gebranntes Kind scheut's Feuer". Ein Kind erblickt eine Flamme, greift danach, verbrennt sich und zieht die Hand wieder zurück. Bei diesen Bewegungen sind zunächst die subkortikalen Zentren beteiligt. Der Gesichtsreiz r_1 (Fig. 14) gelangt in den Sehhügel nach a, wird weiter geleitet zum Rückenmark und löst hier aus dem Zellenkomplex c die Greifbewegung b_1 aus. Indem diese vollzogen wird, macht sie sich zugleich bemerklich, zumal sich ihr sofort ein heftiger Schmerz hinzugesellt. Beides möge zusammengefaßt werden als ein neuer Reiz r_2, der bei d in das Rückenmark tritt, sich zum Vorderhorn fortpflanzt nach e und hier die Reflexbewegung des Zurückziehens b_2 hervorruft. Diese wird abermals bemerkt, indem sie geschieht, zugleich mit einem Gefühl der Befriedigung über das Aufhören des Schmerzes, bildet also einen dritten Reiz r_3, der nach f im Rückenmark gelangt, jedoch zu keinem bemerkenswerten Reflex weiter Anlaß gibt. Indem nun aber die drei Reize r_1, r_2 und r_3 den niederen Zentren zugeführt werden und hier Reflexbewegungen auslösen, strahlen sie mit einem Teil ihrer Energie auch zur Hirnrinde weiter und versetzen hier sukzessive die Stellen o, s und m in Erregung. Diese assoziieren sich vermöge des vorhin erwähnten Gesetzes, d. h. sie strahlen ihre Erregungen auf den sie verbindenden Assoziationsbahnen gegen einander aus und machen die Bahnen dadurch leitungsfähiger. In m, der zuletzt erregten Rindenstelle, bedarf aber

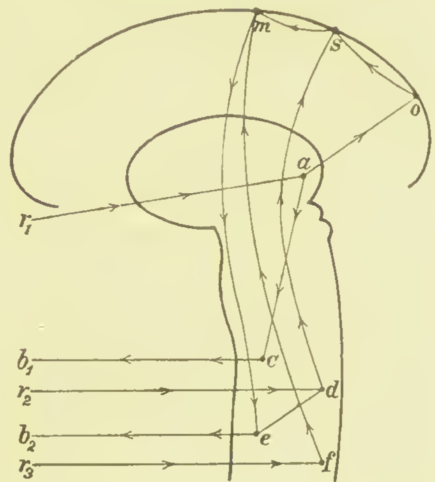


Fig. 14. Schema zur Illustration des Sprichwortes: „Gebranntes Kind scheut's Feuer".

die hier zusammenfließende Energie einer anderweitigen Ableitung. Sie findet sie, wieder vermöge des Assoziationsgesetzes, in dem gerade noch erregten Rückenmarkszentrum *e*, von dem die Bewegung des Zurückziehens ausgeht. Denn aus Gründen, die wir später kennen lernen werden, ist es höchst wahrscheinlich, daß zwei Zellengebiete, wie *m* und *e* (d. h., allgemein ausgedrückt, ein Rückenmarkszentrum für die Ausführung einer bestimmten Bewegung und diejenige Rindenstelle, der infolge der geschehenden Bewegung eine zentripetale Erregung zufließt), durch direkte zentrifugale Bahnen miteinander verbunden sind. Die ganze der Hirnrinde zugeführte und in ihr ausgelöste Erregung ergießt sich somit in das Rückenmark nach *e*, unterstützt die eben noch im Vollzug begriffene Bewegung b_2 und bildet die kortikofugale Bahn *me* aus. Die drei Reize mithin, deren Wirkung auf die subkortikalen Zentren mit dem Abklingen ihrer drei Reflexe vorüber ist, hinterlassen in dem Großhirn eine dauernde Spur ihres Daseins: sie machen die anatomisch bereits vorhandene Bahn *osme* zu einer relativ gut leitenden und leicht ansprechenden. Das wird von Bedeutung, wenn jetzt der ursprüngliche Gesichtsreiz einmal wiederkehrt. In *a* gabelt sich die Erregung. Teilweise geht sie nach *c*, um hier wie früher den Greifreflex b_1 auszulösen. Zum anderen Teil geht sie zur Hirnrinde nach *o*, läuft jetzt aber ohne weiteres, d. h. ohne die früheren Erregungen *s* und *m* abzuwarten, über diese Stellen nach *e* und ruft hier den Reflex des Zurückziehens hervor, der die antagonistische Greifbewegung gerade noch rechtzeitig erreicht, um sie zu paralysieren.

Eine letzte Bemerkung führe uns wieder zu unserem Ausgang zurück. Die erste Eigenschaft der bloßen Reflexe, die erwähnt wurde, war der regelmäßige und automatische Charakter, der ihnen anhaftet. Jetzt wird verständlich, warum die von dem gesamten Nervensystem ausgehenden Bewegungen nicht diese Gleichförmigkeit, sondern vielfach gerade das Gegenteil zeigen, jene eigentümliche Variabilität und Unberechenbarkeit, die so häufig mißverständlich zum Beweise einer Freiheit im Sinne der Ursachlosigkeit angeführt wird. Die Reaktionen des Großhirns werden nicht allein von den gegenwärtigen und kontrollierbaren äußeren Reizen, sondern von diesen unter Mitwirkung der ganzen konkreten Vergangenheit eines bestimmten Individuums ausgelöst. Wie die Eindrücke der Vergangenheit aber beschaffen und kombiniert waren, können wir wohl ungefähr und im allgemeinen, allein niemals genau und im einzelnen angeben. Was also unter scheinbar gleichen Umständen in jedem Moment wahrhaft und eigentlich auf den nervösen Apparat einwirkt, entzieht sich unserer Kenntnis und somit auch die Antwort des Apparats unserer sicheren Voraus-

sicht. Daher denn die Erscheinung, daß dasselbe Tier auf dasselbe Kneifen einmal die Pfote wegzieht, das zweite Mal nach dem Finger schnappt und das dritte Mal davonläuft. Was da reagiert, ist eben in keinem Falle genau dasselbe Tier. Bei jeder Wiederholung des Experiments ist es neu belehrt durch die unmittelbar vorher gemachte Erfahrung, und der wiederkehrende Reiz trifft also in jedem Falle auf eine etwas modifizierte Kombination von Nachwirkungen früherer Eindrücke.

§ 11. Bewußtseinswert nervöser Funktionen.

Wir haben bisher fast ganz davon absehen können, daß mit den Leistungen des Nervensystems das uns eigentlich Interessierende, nämlich geistiges Leben, verbunden ist. Nehmen wir jetzt hierauf Rücksicht, so sind zwei weitere Eigentümlichkeiten jener Leistungen zu erörtern.

1. Spezifische Sinnesenergien.[1] Die von den peripheren Nerven aufgenommenen und schließlich der Großhirnrinde zugeführten Erregungen gewinnen bekanntlich für das Bewußtsein eine ganz verschiedene Bedeutung. Was dem Auge entstammt, erlebt sich total anders als was dem Ohre oder der Haut und anderen Sinnesorganen. Farben, Töne, Gerüche, Schmerzen sind völlig disparate Bewußtseinsinhalte und bilden je gleichsam eine kleine Welt für sich. Wenn diese Verschiedenheit einfach auf Rechnung der äußeren Reize geschoben werden könnte und daher rührte, daß das Auge nur gewissen Reizen zugänglich wäre, das Ohr anderen und jedes andere Organ wieder anderen, so hätte die Sache nicht viel Wunderbares. Allein das ist nun eben nicht der Fall. Sondern, wie vor allem beim Auge deutlich ist, ganz verschiedene objektive Reize werden von demselben Organ immer mit Erregungen von gleichartigem Bewußtseinswert beantwortet; auf Belichtung, Druck, Stoß, elektrische Durchströmung, ja auch auf sogenannte innere Reize bei Intoxikationen oder im Fieber reagiert der Sehapparat, oder vielmehr durch seine Vermittelung die Seele, stets mit Licht- und Farbenempfindungen. Die Art dieser Reaktionen kann mithin nicht an den äußeren Reizen liegen, sondern muß in einer besonderen Eigenart des Apparates selbst, d. h. des Auges und der ihm zugehörigen Zentralteile, ihren Grund haben.

[1] J. Müller, Handbuch der Physiologie, II, S. 249 ff. H. v. Helmholtz, Lehre von den Tonempfindungen; Abschnitt VI, am Schluß. Wundt, Physiolog. Psychologie[5], I, S. 440 ff. Stumpf, Tonpsychologie, II, S. 106 ff. Weinmann, Die Lehre von den spezifischen Sinnesenergien. 1895. E. Hering, Zur Theorie der Nerventätigkeit. 1899. W. Nagel in s. Handb. der Physiol. 3, 1 S. 1. 1904.

Ähnliches findet sich bei den anderen Sinnen. Pathologische Vorgänge im Ohr geben zu Eindrücken derselben Art Anlaß wie äußere Reize, nämlich zu Ohrenklingen, Ohrensausen u. dgl. Elektrische Reizung der Haut ruft Empfindungen von Prickeln und Stechen hervor, wie sie bei demselben Organ auch durch Anwendung von Stecknadeln bewirkt werden können; Druck auf den Stamm eines Hautnerven oder Reizung eines Amputationsstumpfes liefert immer Antworten aus dem Sprachgebiet sozusagen der Hautempfindungen. Allerdings zeigt kein anderes Organ die Erscheinungen in solcher Reichhaltigkeit wie das Auge. Ob elektrische Reizung des Schneckennerven Gehörsempfindungen hervorrufe, ist fraglich. Bei dem Geschmacks- und Geruchsorgan sind mechanische Reizungen ganz wirkungslos. Der elektrische Strom bewirkt hier zwar spezifische Empfindungen, aber möglicherweise nicht direkt durch Reizung nervöser Teile, sondern durch Abscheidung von elektrolytischen Produkten, die dann in gewöhnlicher Weise geschmeckt und gerochen werden. Immerhin bleiben im ganzen genug gesicherte Tatsachen übrig, um die Behauptung zu rechtfertigen, daß die großen Fundamentalverschiedenheiten unserer Empfindungsklassen irgendwie auf spezifischen Eigentümlichkeiten der sie vermittelnden peripheren Organe und der ihnen zunächst zugeordneten zentralen Gebiete beruhen, von der Beschaffenheit der äußeren Reize dagegen relativ unabhängig sind. Man bezeichnet diesen zuerst von Joh. Müller aufgestellten Satz als die Lehre von den spezifischen Sinnesenergien.

In neuerer Zeit ist man mit der Behauptung solcher spezifischen Eigentümlichkeiten der Nerven viel weiter gegangen. Nicht nur die allgemeinsten Verschiedenheiten unseres Empfindens, also diejenigen der Farben, Töne, Geschmäcke, sondern auch die besonderen Unterschiede innerhalb der einzelnen Gebiete (z. B. die Unterschiede des Rot und Blau, Bitter und Süß, tiefer und hoher Töne) sollen je durch ursprüngliche Verschiedenheiten besonderer nervöser Elemente verursacht sein. Veranlassung zu dieser Erweiterung gaben die Helmholtzschen Theorien über die physiologischen Grundlagen der Farben- und Tonempfindungen. Alle Verschiedenheiten der gesehenen Farben kommen nach Helmholtz durch verschiedene Mischungen dreier Grundempfindungen zustande, und für die Auslösung einer jeden von diesen existiert im Auge eine besondere Gattung von Nervenfasern. Noch weiter ist die Besonderung im Ohre getrieben. Jedem Ton von bestimmter Höhe soll eine bestimmte Nervenfaser zugehören, deren einzige Funktion es sei, eben diese Tonempfindung zu vermitteln.

Indes, jene drei spezifisch verschiedenen Fasergattungen des Seh-

nerven sind höchst problematische Gebilde; die anzunehmenden Verschiedenheiten sind viel wahrscheinlicher solche verschiedenartiger lichtempfindlicher Substanzen als verschiedenartiger Nervenfasern. Die akustische Theorie ist wahrscheinlich richtig; allein die besondere Funktion der einzelnen Nervenfasern beruht hier vermutlich darauf, daß jeder Faser infolge einer eigenartigen physikalischen Vorrichtung nur ein einziger, ganz bestimmter Reiz etwas anhaben kann, während ihr alle anderen Reize ferngehalten werden. Daß sie dann, metaphorisch gesprochen, auch nur mit einer einzigen Empfindung reagiert, ist selbstverständlich; aber zur Annahme einer besonderen Eigenart jeder Faser bleibt kein Anhalt. Allerdings sind anderswo Tatsachen bekannt geworden, die auf eine verschiedene Beschaffenheit der nervösen Elemente innerhalb eines einzelnen Empfindungsgebietes hindeuten. Die Temperaturempfindung der Wärme ist an andere Hautpunkte und also auch an andere Nervenfasern gebunden als diejenige der Kälte; die verschiedenen elementaren Geschmäcke werden auf verschiedenen Stellen der Zunge mit verschiedener Leichtigkeit hervorgerufen. Allein auch in diesen Fällen kann die für eine bestimmte Stelle charakteristische Empfindung keineswegs durch beliebige Reize hervorgerufen werden; es bedarf dazu immer einer qualitativ bestimmten Reizung. Und damit bleibt, wie vorhin, wieder die Hauptsache unentschieden, ob hier nämlich eine spezifische Verschiedenheit der nervösen Elemente oder lediglich der peripheren Apparate vorliegt, mit denen jene ausgerüstet sind und durch die nur bestimmte Reize zur Einwirkung auf den Nerven gelangen. Im ganzen scheint es somit rätlich, um nicht zuviel zu behaupten, von Erweiterungen des Prinzips der spezifischen Sinnesenergien einstweilen abzusehen und es lediglich in seiner ursprünglichen und vorhin formulierten Beschränktheit zu verstehen.

Noch viel mehr scheint mir diese Zurückhaltung geboten gegenüber einer anderen und viel weitergehenden Ausdehnung des Prinzips. Man hat nämlich auch die Tatsache, daß Reizung verschiedener Stellen der Retina oder der Haut Empfindungen hervorruft, die, abgesehen von ihrer sonstigen Beschaffenheit, lediglich durch ihren Ort etwas Eigenartiges an sich haben, sich als lokal eigentümlich gefärbte von anderen unterscheiden, mit spezifischen Energien in Verbindung gebracht. Nach den heutigen Anschauungen, meint S. Exner (Hermanns Handb. der Physiol II, 2 S. 207), bringt jede sensible Nervenfaser, sie mag auf welche Weise immer erregt werden, eine Empfindung in das Bewußtsein, die sich von jeder durch eine andere Faser gelieferten Empfindung unterscheidet. Diese Behauptung geht zweifellos viel zu weit. Gewiß ist das Bewußtsein räumlicher Verschiedenheiten, verschiedener Lagen oder verschiedener Entfernungen, etwas, dessen Vermittelung als eine ursprüngliche Leistung nervöser Organe angesehen werden muß und nicht erst, wie man meist behauptet, durch Erfahrungen zustande gebracht wird. Aber unmöglich kann doch das einzelne nervöse

Element als Träger einer besonderen und für jedes einzelne verschiedenen Lokalempfindung gedacht werden, in dem Sinne etwa, wie man freilich wohl ein einzelnes Element als Träger einer Farbenempfindung, ein anderes als Träger einer Geruchsempfindung denken kann. Sondern das Bewußtsein verschiedener Räumlichkeit beruht sicherlich immer auf irgend welchen Verschiedenheiten in dem Zusammenwirken mehrerer Elemente, und durch das Hereinziehen jener lokalen Färbungen der Empfindungen kommt somit etwas ganz Heterogenes in die Lehre von den spezifischen Energien.

An welche bestimmten Gebilde mögen nun wohl jene spezifischen Eigentümlichkeiten, die sich für das Bewußtsein als Verschiedenheiten der großen Empfindungsklassen manifestieren, geknüpft sein? wo oder worin mögen die spezifischen Energien ihren eigentlichen Sitz haben? Auf diese Frage werden zwei entgegengesetzte Antworten gegeben. Die eine, unter anderen durch von Helmholtz vertreten, erblickt die entscheidende Stelle in den zentralen Endstationen, zu denen die peripheren Nervenfasern hinleiten, wobei zumeist wohl an die Ganglienzellen der Großhirnrinde gedacht wird. Die Nervenfasern selbst sind nach dieser Ansicht indifferente Leiter, die einen stets gleichartigen Erregungsvorgang fortpflanzen. Was daraus wird, hängt von den Endapparaten ab, denen die Erregung zugeführt wird. Wie Telegraphendrähte immer dieselbe Art elektrischen Stromes leiten, aber je nach der Art ihrer Verbindungen die verschiedensten Wirkungen hervorbringen, Depeschen übermitteln, Glocken läuten, Licht entwickeln, so auch die Nerven. Das Differenzierende der verschiedenen Empfindungsklassen liegt nicht in ihnen, sondern in zentralen Seh-, Hör- usw. zellen.

Diese Anschauung hat ihren Halt zunächst in dem völlig gleichartigen Verhalten aller Nervenfasern in physikalischer und chemischer Hinsicht. Außerdem macht sie die Tatsache für sich geltend, daß Empfindungen oder empfindungsähnliche Erlebnisse auch mit nervösen Vorgängen verbunden auftreten, die höchst wahrscheinlich rein zentraler Natur sind und die Sinnesorgane sowie die peripheren Nerven nicht in Mitleidenschaft ziehen, wie z. B. im Traum, bei Delirien, Halluzinationen. Indes sind doch auch verschiedene Einwände gegen sie erhoben worden. Einerseits, hat man gemeint, wiesen die Ganglienzellen oder die verschiedenen Provinzen der Großhirnrinde, nach unserer besten Kenntnis von ihnen, ebensowenig etwas auf, was auf spezifische Verschiedenheiten der Funktion gedeutet werden könne, wie die Nervenfasern. Bei der Verlegung der spezifischen Energien in die Zentralteile habe man also nur den Kunstgriff gebraucht, die Sache in ein Gebiet zu verschieben, das noch hinreichend unbekannt sei, um darüber beliebige Behauptungen wagen zu können (Wundt). Andererseits aber sei zu erwägen (was ja zweifellos richtig ist), daß die Verschiedenheiten unserer Empfindungen auch in ihren bloßen

Vorstellungsnachbildern nur dann zustande kommen, wenn die peripheren Apparate mindestens eine Zeitlang funktioniert haben. Der von Geburt an völlig Blinde sieht weder Farben noch phantasiert er in Farben. Wäre nun der eigentliche Grund des Farbenempfindens bloß in zentralen Sehzellen zu suchen, so wäre dieses Verhalten schwer verständlich. Man sollte doch erwarten, daß irgendwann einmal eine Erregung jener Sehzellen von innen her zustande käme und zu subjektiven Farbenempfindungen oder zu Farbenvorstellungen führte. Da dies nicht der Fall sei, müsse man annehmen, daß die zentralen Endstationen erst von der Peripherie her sozusagen erzogen und ausgebildet würden, ehe sie die ihnen im späteren Leben allerdings zukommende spezifische Funktion auszuüben imstande seien. Dann sei aber auch der eigentliche und ursprüngliche Grund ihrer Differenzierung nicht in ihnen, sondern in den peripheren Organen enthalten.

Das ist nun eben die zweite Ansicht, diejenige Wundts. Den wahren Sitz der spezifischen Sinnesenergien sucht dieser an den peripheren Enden der Sinnesorgane, und zwar nicht einmal mehr in den peripheren Nerven selbst, sondern in den ihren Endigungen nach außen hin vorgelagerten Aufnahmeapparaten der äußeren Reize. Nicht nur die Nervenfasern, sondern auch die Ganglienzellen sind nach der Meinung Wundts ursprünglich und noch bei der Geburt des Menschen funktionell indifferent; von Hause aus könnten also dieselben Gebilde sowohl der Vermittelung von Gesichts- wie von Gehörs- oder anderen Empfindungen dienen. Nun stehen aber in den einzelnen Sinnesorganen verschiedene Gruppen nervöser Elemente mit ganz verschiedenen Aufnahmeapparaten in Verbindung, und dadurch gelangen höchst verschiedene äußere Reize zur Einwirkung auf sie. Natürlich muß sich der Erregungszustand in den Nerven irgendwie nach den peripheren Vorgängen richten und mit ihnen entsprechend variieren, und so kommt es, daß uns durch Vermittelung eines gewissen Organs durchweg nur Lichtempfindungen, durch Vermittelung eines anderen nur Tonempfindungen zum Bewußtsein kommen. Das liegt nicht an einer spezifischen Verschiedenheit der Nerven selbst, sondern an den äußeren Einrichtungen, durch die auf das eine Organ nur Ätherschwingungen, auf das andere nur Schallwellen übertragen werden können. Im Laufe der Zeit kommen dann allerdings sekundär und durch Anpassung auch bestimmte Differenzierungen der nervösen Elemente zustande. Indem jedes Element vermöge seiner äußeren Verbindungen immer nur zu Erregungen einer bestimmten Art veranlaßt wird, bilden sich allmählich in ihm molekulare Änderungen aus, durch die es eine für die Ausübung seiner gewohnheitsmäßigen Funktion besonders geeignete Beschaffenheit annimmt. Und so wird

denn, nachdem erst das äußere Organ eine Zeitlang unter dem Einfluß der normalen Reize funktioniert hat, später jeder beliebige genügend starke Reiz in der gleichen Weise beantwortet wie ursprünglich nur der eigenartig gestaltete periphere Sinnesreiz. Ja, selbst nach Wegfall des Sinnesorgans kommen noch andauernd Phantasiebilder des erst durch seine Vermittelung geschaffenen Empfindungsgebietes zustande.

Eine Entscheidung zwischen diesen beiden Auffassungen ist schwierig, da zwingende Tatsachen für keine von beiden vorliegen; immerhin scheint mir der zweiten die geringere Wahrscheinlichkeit zuzukommen. Manche Beobachtungen lassen sich nur gezwungen mit ihr vereinigen. In der Hornhaut des Auges z. B. endigen alle Nerven frei, ohne Endapparate. Trotzdem läßt sich eine gewisse Mehrheit von Empfindungen von ihr aus hervorrufen: Berührung, Schmerz, vielleicht auch Kälte. Woher diese Verschiedenheiten, wenn der Charakter der Empfindungen lediglich durch die an den Nervenendigungen angebrachten Vorrichtungen bestimmt wird, da doch solche hier fehlen?

Dazu kommt, daß die der ersten Theorie zugunsten der zweiten vorhin entgegengehaltenen Argumente keineswegs sehr überzeugend sind. Die Behauptung einer funktionellen Indifferenz der Ganglienzellen steht auf schwachen Füßen. Man hat eben erst angefangen, in die innere Struktur dieser Zellen einige Einsicht zu gewinnen, und steht sogleich vor einer Fülle von Verschiedenheiten, die man naturgemäß doch auch als Hinweise auf Verschiedenheiten der Funktion betrachten wird. Wie kann aber überhaupt in solchen Dingen selbst völlige Gleichartigkeit für unsere Unterscheidungsmittel eine große Beweiskraft besitzen? Die Keimzellen verschiedener Tierarten haben vielfach die allergrößte Ähnlichkeit miteinander, und doch zweifelt niemand, daß sie tatsächlich die allergrößten Verschiedenheiten enthalten müssen. Daß ferner ein peripheres Organ eine Zeitlang funktioniert haben muß, wenn die für gewöhnlich durch seine Vermittelung entstehenden Vorstellungen überhaupt zustande kommen sollen, wird nach neueren Erfahrungen unschwer verständlich, auch ohne daß das eigentlich Differenzierende der Empfindungen und Vorstellungen in den peripheren Apparat verlegt wird. Bei frühzeitigem Ausfall der Funktion eines Sinnesorgans nämlich verkümmern die mit ihm in nächster Verbindung stehenden Partien der Zentralorgane, oder sie werden von vornherein nicht vollkommen ausgebildet. Wenn also ein von Geburt an völlig Blinder auch in seinen Vorstellungen und Phantasien keine Farben kennt, so kann dies sehr wohl daran liegen, daß die in Betracht kommenden Partien der Zentralorgane bei ihm sehr früh funktionsuntüchtig geworden sind.

Bedenkt man endlich, daß für unsere gegenwärtige Einsicht die

Eemente des Nervensystems lauter individuelle und bis zu einem gewissen Grade selbständige kleine Lebewesen sind, so ist die Annahme einer vollständigen Gleichartigkeit und funktionellen Indifferenz aller dieser Elemente gewiß nicht eine besonders naheliegende. Sie werden, wie andere einer bestimmten großen Klasse angehörige Lebewesen auch, ein nach Gattungen und Arten verschiedenes Eigenleben haben und die ihnen eigene Mannigfaltigkeit von Funktionen in verschiedenen Arten von Besonderungen betätigen. Gewiß sind sie zu diesen Sonderleistungen erst allmählich und im Laufe zahlloser Generationen herangebildet und umgebildet worden, wobei dann die besondere Beschaffenheit der sie vorwiegend treffenden Reize von der größten Bedeutung gewesen sein wird. Aber um diese Entwickelung der spezifischen Sinnesenergien handelt es sich bei der ganzen Frage nicht, sondern um ihre gegenwärtige Existenz. Und da scheint mir (mit E. Hering) die Annahme am wahrscheinlichsten, daß in den gegenwärtig gebildeten Individuen die dem Auge zugeordneten Neuronen von vornherein zum Sehen, die dem Ohre zugeordneten zum Hören geboren sind, d. h., daß bestimmte Gruppen von Neuronen die Vermittelung einer bestimmten Klasse seelischer Empfindungen als eine ursprüngliche Funktion an sich haben und nicht erst dazu erzogen zu werden brauchen. Dabei aber wird man nicht allein an die Neuronen der Großhirnrinde zu denken haben, die sich ja erst verhältnismäßig spät entwickelt hat und bei niederen Tieren, denen sinnliches Empfinden doch nicht abzusprechen ist, überhaupt fehlt, sondern auch an diejenigen der phylogenetisch viel älteren subkortikalen Zentren, wie auch zugleich an die in den peripheren Ganglien enthaltenen und den einzelnen Sinnesorganen zunächst zugeordneten Neuronen.

2. Lokalisation des Seelenlebens im Großhirn.[1] Bei der Darstellung des Baues des Großhirns sahen wir, daß verschiedene Provinzen seiner Rinde je verschiedenen peripheren Organen zunächst

[1] Hitzig, Psychologische und klinische Untersuchungen über das Gehirn. Gesammelte Abhandlungen. 2 Tle. 1904. Goltz, Über die Verrichtungen des Großhirns 1891. H. Munk, Über die Funktionen der Großhirnrinde. 2. Aufl. 1890. (Weitere Arbeiten desselben Forschers in den Sitzungsber. d. Berl. Akad. der Wissensch.). Auch die S. 119 Anm. genannten Schriften von Sachs u. Soury gehören hierher. — Für einige Einzelheiten von Wichtigkeit: Schrader, Über die Stellung des Großhirns im Reflexmechanismus des zentralen Nervensystems der Wirbeltiere; Arch. f. experim. Pathol. Bd. 29, S. 55. 1891. Imamura, Über die kortikalen Störungen des Schaktes und die Bedeutung des Balkens. Pflügers Arch. Bd. 100 S. 495. 1903. — Sorgfältiger Bericht „Über den gegenwärtigen Stand der Frage nach der Lokalisation im Großhirn" von C. v. Monakow, Ergebnisse der Physiologie I. Jahrg. 2. Abt. S. 534. 1902.

und direkt zugeordnet sind (S. 135). Bringen wir diese anatomische Tatsache in Verbindung mit den eben erörterten spezifischen Energien, so ergibt sich ohne weiteres, daß die gleichen Verschiedenheiten der Bedeutung für das geistige Leben, die zunächst den peripheren Organen zukommen, sich auch am Großhirn wiederfinden müssen. Damit ist im Prinzip eine wichtige und namentlich während der letzten 100 Jahre viel umstrittene Frage beantwortet, die Frage nach den näheren Beziehungen zwischen dem Großhirn und den Bewußtseinsvorgängen.

Vor etwa 40 Jahren noch gab man auf diese Frage zwei diametral entgegengesetzte Antworten. Die Einen betrachteten das Großhirn als eine Art Organ wie die Lunge oder die Leber, d. h. als ein Organ, welches die ihm obliegenden geistigen Funktionen in allen seinen Teilen gleichmäßig vollzieht. Bei Substanzverlusten werde also die Gesamtleistung des Gehirns freilich geschädigt, aber solange nur irgendwo noch ein hinreichend großer Rest von Substanz übrig sei, falle keine Leistung völlig fort; jeder Rest verrichte, wenn auch in geringerer Vollkommenheit, immer noch die Arbeit des Ganzen. Ähnlich wie ein Mensch, dessen halbe Lunge zerstört ist, auch mit der anderen Hälfte noch leidlich auskommen kann, nur daß er z. B. bei Anstrengungen leichter atemlos wird als andere Menschen. Die Vertreter der anderen Ansicht dagegen, die Phrenologen, erblickten in dem Großhirn einen Komplex verschiedenartiger, an bestimmte Räumlichkeiten gebundener, wenn auch nicht scharf gegeneinander abgegrenzter Organe. Deren seien ebensoviele, wie man durch psychologische Analyse Grundkräfte des Geistes unterscheiden könne, und es bilde eben jede elementare geistige Tätigkeit die Verrichtung eines solchen Organs. Als Grundkräfte statuierten sie dann zahlreiche, zum Teil durchaus nicht elementare, sondern höchst komplizierte psychische Betätigungen, wie Nahrungssinn, Geschlechtssinn, Kampfsinn, Selbstgefühl, Religiosität, Ordnungssinn, Schlußvermögen u. dergl.

Wie wir gegenwärtig mit voller Sicherheit behaupten können, liegt die Wahrheit zwischen jenen beiden Vorstellungsweisen. Das Großhirn ist für die Vermittelung geistigen Lebens kein homogenes Organ, wie die Lunge für die Oxydation des Blutes, sondern es ist gegliedert in verschiedene Provinzen. Aber die Gliederung entspricht nicht den in Wahrheit äußerst verwickelten und auf einer völlig ungenügenden Analyse basierenden Grundkräften der Phrenologen, noch auch etwa anderen allgemeinen Kategorien, wie Verstand, Gedächtnis, Aufmerksamkeit. Sondern sie spiegelt durchaus die an der Peripherie des Organismus in seinen verschiedenen Sinnes- und Bewegungsorganen bestehende Arbeitsteilung. Eine gewisse

Provinz des Großhirns, die Rinde des Cuneus und des Hinterhaupts, d. h. die anatomisch mit dem Auge in nächster Verbindung stehende Partie, dient psychisch dem Sehen, den Gesichtsempfindungen und Gesichtsvorstellungen; eine andere Provinz, die dem Ohr zugehörige Rinde des Schläfenlappens, steht im Dienste des Hörens. Das Scheitelhirn hat irgendwie zu tun mit den Tastempfindungen und -vorstellungen, sowie mit den von Bewegungen der Glieder herrührenden Empfindungen. Die Rinde des Ammonshorns ist den Geruchsempfindungen zugeordnet. Von den vorderen Partien des Scheitelhirns endlich sowie von den hinteren des Stirnhirns nehmen die kortikalen, d. h. die willkürlichen Anstöße zu Bewegungen der verschiedenen Gliedmaßen ihren Ausgang. Die spezifischen Sinnesenergien einerseits und die verschiedenen bei Willkürbewegungen zusammenarbeitenden Muskelgruppen andererseits finden sich wieder an der Oberfläche des Großhirns; das ist die Lokalisation seiner Funktionen. Wo es sich um einigermaßen verwickelte Leistungen handelt, wie wenn man z. B. ein schreiendes Kind durch Streicheln zu trösten sucht (wo also Gesichts-, Gehörs- und Tasteindrücke mit Bewegungen verbunden sind), oder bei Betätigungen der Kampflust, der Religiosität u. dergl., aber auch schon, wenn man z. B. beim Anblick einer Apfelsine zugleich an ihr Aroma, ihre Weichheit und ihren Namen denkt, da wird das Großhirn natürlich in sehr ausgedehnter und verzweigter Weise in Anspruch genommen. Aber es arbeitet niemals gleichmäßig in seiner ganzen Masse mit, sondern stets in verschiedenen Kombinationen verschiedener Rindenpartien und der sie verbindenden Faserzüge. Solche abstrakten Betätigungen dagegen wie die vorhingenannten: Gedächtnis, Intelligenz, Aufmerksamkeit, Wille, für die man im gewöhnlichen Leben vielleicht zuerst geneigt sein würde, nach einer bestimmten Lokalisation zu fragen, haben gar keinen besonderen Sitz. Sie sitzen sozusagen überall, d. h. ihre physische Grundlage liegt in allgemeinen funktionellen oder morphologischen Eigentümlichkeiten der nervösen Substanz, die in jedem konkreten Falle in einer bestimmten Besonderung in die Erscheinung treten, aber losgelöst von den Inhalten der verschiedenen Empfindungsgebiete überhaupt nicht vorkommen.

Über diese allgemeinen Verhältnisse nun herrscht nirgend mehr Streit. Durch die Aufdeckung des anatomischen Zusammenhangs zwischen Gehirnrinde und peripheren Organen ist ja klar, daß die Dinge sich anders, als eben dargestellt, eigentlich gar nicht verhalten können. Weniger befriedigend dagegen steht es mit unseren Kenntnissen, wenn wir weiter ins einzelne gehen und die Frage stellen: wie zeigt sich denn nun die Zugehörigkeit bestimmter Rindenprovinzen

zu bestimmten Organen in den konkreten Äußerungen des Organismus? welche bestimmten Erscheinungen beruhen darauf in seinem Leben, namentlich auch in seinem geistigen Leben? Man hat dies auf zwei Weisen klarzulegen gesucht, einmal, indem man verschiedene Partien der Großhirnrinde durch elektrische Ströme reizte, zweitens, indem man verschiedene Partien zerstörte oder die Folgen natürlicher Zerstörungen durch pathologische Prozesse beobachtete, durch *Reizerscheinungen* also und durch *Ausfallserscheinungen.*

Das erste Verfahren, die Untersuchung von Reizerscheinungen, hat den verschiedensten Beobachtern im wesentlichen übereinstimmende Ergebnisse geliefert. Reizt man mit schwachen Induktionsströmen bei höheren Tieren die Rinde der vorderen Zentralwindung, so erfolgen ganz bestimmte Bewegungen der Gliedmaßen der gegenüberliegenden Körperhälfte. Und zwar erhält man von den oberen Partien der Windung aus Bewegungen der gekreuzten Hinterextremität, von den mittleren Partien Bewegungen der Vorderextremität, von den unteren Bewegungen des Mundes und der Kehlkopfmuskulatur, endlich von den angrenzenden Teilen des Stirnlappens Bewegungen von Kopf und Augen. Diese Zuordnung aber ist nicht etwa bloß eine grobe und allgemeine, sondern alle Einzelbewegungen der Körperglieder und ihrer Teile sind dabei an bestimmte Reizpunkte (Foci) gebunden. Bei den höchststehenden Tieren wenigstens, wie z. B. den anthropoiden Affen, kann man von geeigneten Punkten aus isolierte Bewegungen des Zeigefingers, Daumens, der großen Zehe, der Kinnladen, Augenlider usw. hervorrufen. Und so entspricht denn auch die räumliche Ausdehnung der einem jeden Körpergliede zugehörigen motorischen Zone der Bedeutung, die das Glied für die feineren Bewegungen des Tieres, für seine Fertigkeiten, besitzt. Zugleich aber kann man nun die zu einem bestimmten Sinnesorgan und seinen Empfindungen in näherer Beziehung stehenden Bewegungen noch von ganz anderen Stellen der Rinde aus hervorrufen, nämlich von bestimmten Punkten der betreffenden Sinnessphäre. Reizt man die dem Auge zugeordnete Rinde des Hinterhauptlappens, die *Sehsphäre,* so bewirkt man konjugierte Augenbewegungen, und zwar je nach der gereizten Stelle Bewegungen in verschiedener Richtung; bei Reizung des Schläfenlappens entstehen ganz entsprechend Bewegungen des gekreuzten Ohres. Über alle diese Resultate selbst besteht, wie gesagt, hinreichende Übereinstimmung; unsicher sind nur manche Einzelheiten ihres Verständnisses, deren Erörterung hier nicht erforderlich ist.

Viel größere Unsicherheit aber besteht hinsichtlich der Ausfallserscheinungen. Wenn man einzelne Partien der Großhirnrinde ab-

trägt oder zerstört, so entstehen je nach dem Ort der Verletzung Störungen des Sehens, Hörens, der Tast- und Bewegungsempfindungen, sowie der Bewegungen selbst. Zum großen Teil gehen diese nach einiger Zeit wieder zurück; zum Teil, namentlich bei umfangreichen Schädigungen, bleiben sie dauernd bestehen. Aber welcher bestimmten Art diese Störungen sind, wie sie im einzelnen von dem Ort der Verletzung abhängen, wie ihre teilweise Rückbildung aufzufassen ist, darüber bestehen weitgehende und heftig umstrittene Verschiedenheiten der Ansichten. Besonders zugespitzt haben sich diese in bezug auf die Funktion der Sehsphäre bei höheren Tieren, und um zu zeigen, zwischen welchen Extremen die Anschauungen sich bewegen, möge kurz hierauf eingegangen werden.

Nach der einen Ansicht (Munk) bilden die Sehsphären ein bestimmt und scharf abgrenzbares Gebiet, das die Rinde der beiden Hinterhauptslappen und eine nach vorn unmittelbar darangrenzende Partie umfaßt. Zwischen den einzelnen Teilen dieses Gebietes und den einzelnen Punkten der beiden Netzhäute besteht ein genaues Verhältnis wechselseitiger Zuordnung; die Netzhäute sind in einer eigentümlichen Verschränkung projiziert auf die Hirnrinde. Und zwar sind zunächst in jeder Sehsphäre die gleichnamigen Teile jeder Netzhaut vertreten; beim Menschen und Affen z. B. enthält die linke Sehsphäre die Projektion beider linken Netzhauthälften, die des linken Auges nach außen, die des rechten nach innen hin. Was auf der Netzhaut oben ist, ist auf der Sehsphäre vorn, was dort unten, hier hinten usw. Exstirpiert man nun irgendwo eine kleinere Stelle der Rinde, so vernichtet man damit die Funktion einer ganz bestimmten Stelle einer Retina; man setzt hier gleichsam einen blinden Fleck. Besonders interessant ist dieser Fall, wenn man die den Stellen des deutlichsten Sehens zugehörigen Rindenpartien zerstört. Das Tier sieht dann zwar noch, nämlich mit den peripher gelegenen Netzhautpartien. Aber da es während des bisherigen Lebens seine sonstigen sinnlichen Eindrücke nicht mit dem peripher, sondern mit dem zentral Gesehenen verknüpft hat, so assoziiert es jetzt nichts mehr mit seinen Gesichtswahrnehmungen; es versteht und interpretiert diese nicht mehr durch Vorstellungen anderer Sinnesgebiete. Es ist also nicht vollkommen sinnlich blind (dies nur für die Stellen des deutlichsten Sehens), aber erinnerungs- oder seelenblind; es weiß z. B. nicht mehr, daß hingehaltenes Fleisch Futter bedeutet und eine geschwungene Peitsche Schläge. Überläßt man nun das Tier seinen Erfahrungen, so lernt es allmählich auch die peripheren Gesichtseindrücke verstehen, d. h. mit andersartigen Vorstellungen verbinden. Die der Netzhautperipherie zugeordneten Rindenteile werden dann nämlich allmählich

erzogen oder auch umgebildet zu der Funktion, die früher der Projektion der Netzhautzentren zukam. Es findet also eine Art Neubildung eines kortikalen Sehzentrums in der Nachbarschaft des ursprünglichen statt. Hat man aber eine Sehsphäre ganz weggeschnitten, so ist natürlich eine solche Stellvertretung innerhalb ihrer nicht mehr möglich. Das Tier ist dann auf beiden Augen dauernd halbseitig blind (hemianopisch). Entfernung der beiden Sehsphären in ganzer Ausdehnung endlich setzt vollständige und irreparable Blindheit, die man zum Unterschiede von der gewöhnlichen, auf Augenaffektionen beruhenden Blindheit als Rindenblindheit bezeichnen mag.

Nach der entgegenstehenden Ansicht (Goltz u. a.) kann weder von einer scharfen Abgrenzung der Sehsphären noch von einer genauen Zuordnung ihrer einzelnen Teile zu denen der Netzhäute die Rede sein. Allerdings hat die Rinde der Hinterhauptslappen eine vorwiegende Bedeutung für das Sehen; aber auch andere Rindenpartien sind nicht ganz ohne solche Bedeutung, und zwischen dem mehr oder minder Wichtigen läßt sich keine bestimmte Grenze ziehen. An dem behaupteten Projektionsverhältnis aber ist nichts weiter richtig, als daß jede Hemisphäre mit den gleichnamig gelegenen Netzhautpartien beider Augen in Verbindung steht. Verletzt man also irgend eine Stelle einer Sehsphäre, so resultiert eine halbseitige Sehstörung. Diese besteht aber nicht in einer scharf umschriebenen Blindheit kleinerer Stellen, sondern in einer allgemeinen Trübung und Abschwächung des Sehvermögens innerhalb der ganzen jener Sehsphäre zugehörigen Netzhautsegmente. Auf den Ort der Rindenläsion kommt es dabei nicht genauer an, nur auf ihren Umfang. Bei kleineren Exstirpationen ist die Sehstörung geringfügig und geht schnell wieder vorüber, bei größeren ist sie schwerer und wird nicht vollständig wieder ausgeglichen. Eigentliche und dauernde Blindheit aber ist von der Rinde aus in keiner Weise zu erzielen. Selbst nach vollständiger Abtragung der sog. Munkschen Sehsphären, ja sogar nach Entfernung des ganzen Großhirns kehrt nach einiger Zeit ein wenn auch abgeschwächtes Sehvermögen wieder zurück. Bei dieser ganzen oder teilweisen Restitution der geschädigten Funktion spielen jedoch Erfahrungen und darauf beruhende Um- oder Neubildungen nervöser Zentren gar keine Rolle. Die Restitution erfolgt ebensogut und ebensoschnell, wenn man das Tier im Dunkeln läßt und ihm somit die Möglichkeit neuer Erfahrungen benimmt. Was hier zugrunde liegt, ist vielmehr das allmähliche Zurückgehen von Hemmungserscheinungen. Durch die Exstirpationswunde und die an ihr vor sich gehenden Heilungs- oder auch Entzündungsprozesse wird ein dauernder und dadurch intensiver Reiz auf die Zentralorgane geübt, der, ähnlich wie bei den oben er-

örterten Reflexhemmungen (S. 141), weite Gebiete in eine Art Scheintod versetzt und ihre Funktionen lähmt. Nach der Heilung der Wunde fallen diese Nebenerscheinungen fort, und die bis dahin gehemmt gewesenen unverletzten Partien nehmen ihre Funktionen wieder auf. Bei halbseitigen Rindenläsionen wird z. B. die Funktion der geschädigten Hemisphäre einigermaßen von der gesunden aus mitbesorgt, weil jede Hemisphäre mit sämtlichen Organen des Körpers in Verbindung steht. Bei doppelseitigen Exstirpationen oder Entfernung des ganzen Großhirns dagegen treten die subkortikalen Zentren ins Spiel, die alle sensiblen und motorischen Funktionen auch ohne die Hilfe der Rinde, natürlich in einer viel unvollkommeneren und stumpfsinnigeren Weise, bloß von sich aus vollführen können.

Wie die Wahrheit an diese beiden Extreme verteilt ist, läßt sich mit voller Sicherheit zurzeit nicht bestimmen. Beiden stehen umfassende Experimente und gewissenhafte Beobachtungen anscheinend gleichmäßig zur Seite. Die Erfahrungen am Menschen sprechen im ganzen mehr zugunsten von Munk. Schädigungen der Rinde eines Hinterhauptlappens bedingen beim Menschen zweifellos halbseitige Blindheit und nicht bloß Abschwächung und Trübung des Sehvermögens. Auch eine gewisse Zuordnung bestimmter Teile der Sehsphäre zu bestimmten Netzhautpartien scheint sich wenigstens für die Peripherie der Netzhaut aus neueren Beobachtungen zu ergeben. Anderes dagegen, wie z. B. die Resultate umfangreicher Großhirnläsionen bei Tieren, fällt gleichzeitig wieder gegen Munksche Behauptungen in die Wagschale. Soweit sich gegenwärtig ein Urteil über die beiden entgegenstehenden Ansichten abgeben läßt, so weist die Tatsache ihrer gleichmäßigen Unterstützung durch sorgfältige Beobachtungen darauf hin, daß im Grunde der Gegensatz zwischen ihnen geringer sein muß, als es zunächst scheint. Natürlich muß in gewissen Punkten notwendig die eine Auffassung Recht haben und die andere Unrecht, z. B. in der Frage nach dem Projektionsverhältnis zwischen Netzhaut und Rinde. Der Widerstreit der Behauptungen in dieser Hinsicht wird an der außerordentlichen Schwierigkeit liegen, bei Tieren zuverlässige Gesichtsfeldaufnahmen zustande zu bringen. In anderen Dingen dagegen können ganz wohl beide Ansichten richtig sein und kann der anscheinende Gegensatz daher rühren, daß jede unter bestimmten Umständen gilt, auf deren Bedeutung zunächst nicht genügend geachtet wurde.

Ich erläutere, was ich meine, durch einen Vergleich. Man denke sich, jemand habe ein Geschwür am kleinen Finger der linken Hand. Er wird dadurch im Gebrauch der ganzen Hand wesentlich behindert sein und sie zu schonen suchen. Nur wenn er etwa überhaupt bloß

diese eine Hand besitzen sollte, wird er sich wohl oder übel mit der Sache abfinden müssen und fortfahren, wenn auch mit einiger Zaghaftigkeit, die Hand zu gebrauchen. Angenommen nun, das Geschwür sei bösartig, der kleine Finger müsse abgenommen werden und die Wunde sei verheilt. Die Störungen im Gebrauch der Hand werden jetzt viel geringer erscheinen als vorher. Eine Zeitlang werden ihre Bewegungen noch etwas ungeschickt ausfallen; mehr und mehr aber wird sich ihr Besitzer auch mit vier Fingern behelfen lernen, und schließlich wird man, außer bei subtiler Beobachtung und bei bestimmten Verrichtungen, von dem Defekt wenig oder nichts mehr merken. Natürlich auch dies aber mit mancherlei Verschiedenheiten je nach dem Beruf der betreffenden Person. Wollte nun jemand, was doch offenbar möglich ist, die Funktion des kleinen Fingers dadurch studieren, daß er diesen lädierte oder amputierte und die resultierenden Ausfallserscheinungen beobachtete, so würde er je nach Umständen ganz verschiedene und einander widersprechende Resultate erhalten. Bald nach der Läsion erschiene ihm jene Funktion sehr beträchtlich, lange Zeit nachher sehr geringfügig, bei einem Einhändigen anders als bei einem Zweihändigen und wieder bei einem Geiger anders als bei einem Lastträger. Und doch wären alle diese Resultate ganz in Ordnung und miteinander verträglich. Die gesuchte Funktion ist eben nichts Absolutes und Einfaches, sondern ein kleinerer Komplex von Leistungen innerhalb größerer Komplexe, der durch vielerlei Umstände sehr beträchtlich verändert werden kann.

Nicht so grob und äußerlich freilich, aber im Wesen doch ähnlich liegen die Verhältnisse beim Gehirn. Die verschiedenen Provinzen der Rinde hängen unter sich und mit den niederen nervösen Zentren so vielfach und enge zusammen; dabei aber ist die Art und die Innigkeit dieses Zusammenhanges bei verschiedenen Tieren so verschieden, daß es geradezu wunderbar wäre, wenn verschiedene Beobachter, die mit verschiedenen Methoden und in verschiedenem Umfange, aber immer in verhältnismäßig grober Weise in jenen kunstvollen Bau eingreifen, einfache und ohne weiteres widerspruchsfreie Ergebnisse erhalten sollten. Sie können aber deshalb mit sehr verschiedenen Resultaten gleichmäßig recht haben; ihre Befunde sind also, soweit als möglich, nicht zu wechselseitiger Entkräftung, sondern zu wechselseitiger Ergänzung zu benutzen.

So z. B. in der Frage nach einer wirklichen oder bloß scheinbaren Restitution geschädigter Funktionen. Daß eine Großhirnverletzung wahre und echte Hemmungserscheinungen hervorruft, d. h. Fortfall von Funktionen, die mit der zerstörten Rindenstelle direkt nichts zu tun haben und nur durch die von ihr ausgehende Reizung

geschädigt werden, ist nach den oben mitgeteilten Erfahrungen über reflektorische und zentrale Hemmung (S. 141 und 151) schwerlich zu bezweifeln. Die auffallende und starke Besserung der Erscheinungen, die bei allen Gehirnoperationen und bei manchen Gehirnerkrankungen innerhalb kurzer Zeit nach der Verletzung auftritt, wird dem Aufhören solcher Hemmungen zuzuschreiben sein. Für das gleichfalls stets zu beobachtende und die Dinge besonders verwirrende Zurückgehen von Störungen aber, die zunächst längere Zeit, d. h. mehrere Wochen bestehen bleiben, wird ein zweites Moment von Bedeutung sein, worauf von Monakow hingewiesen hat. Wenn in einen zu gemeinsamer Funktion eingeübten und stets gleichzeitig wirkenden Neuronenverband irgendwo ein schädigender Eingriff geschieht, so leidet, ganz abgesehen von den direkt verletzten Gliedern, zugleich allemal der Verband als Ganzes. Auch die anatomisch unversehrt gebliebenen Glieder vermögen nicht ungestört weiter zu funktionieren; es entsteht eine allgemeine Betriebs- oder Gleichgewichtsstörung. Erst wenn sich die unverletzten Arbeitsgenossen auf Grund der fortdauernd an sie gestellten Anforderungen durch Neugliederungen und Neueinübungen allmählich anders organisiert haben, vermögen sie ihre Tätigkeit wieder aufzunehmen; jetzt erst zeigt sich, was durch den Ausfall der geschädigten Komponenten dauernd unmöglich geworden ist. Zu dem allen aber wird drittens nun auch eine wahre und echte Restitution verloren gegangener Funktionen als möglich anzuerkennen sein. Die Fähigkeit dazu hat das Gehirn in dem Reichtum seiner Verbindungen. Seine Funktion besteht allgemein gesprochen darin, daß es die äußeren Reize vermöge der Nachwirkung früherer Eindrücke mit zweckmäßigeren Reaktionen beantwortet, als es den subkortikalen Zentren allein möglich sein würde. Eine Stelle dieser Zentren, der äußere Reize zufließen, wird also durch Vermittelung des Großhirns mit einer anderen Stelle, von der motorische Innervationen ausgehen, in eine engere Verbindung gebracht, als sich subkortikal herstellen ließe. Wird nun durch eine Läsion der Hirnrinde diese Verbindung unterbrochen, sodaß jene beiden subkortikalen Gebiete wieder von einander getrennt werden, weshalb sollte es bei dieser Trennung unter allen Umständen verbleiben müssen? Vermöge der massenhaften Verbindungen der nervösen Elemente in den Großhirnhemisphären, namentlich auch wegen der Doppelheit dieser Hemisphären, sind die subkortikalen Stellen doch sehr wahrscheinlich auch noch auf andere Weise miteinander in Konnex zu bringen als durch die zunächst ausgearbeitete und jetzt unterbrochene Bahn, allerdings wohl minder direkt und auf Umwegen. Wenn nun die Bedingungen fortdauern, die seiner Zeit die Ausbildung jener ersten kortikalen Verbindungsbahn herbeiführten,

warum sollten sie nicht, nachdem diese Bahn geringsten Widerstandes ungangbar geworden ist, sich unter Umständen mächtig erweisen, auch größere Widerstände zu überwinden und eine neue Bahn auszuschleifen?

Ähnlich kann in der anderen Frage, nach Blindheit oder Nichtblindheit infolge von Sehsphärenexstirpationen, anscheinend Entgegengesetztes richtig sein. Es darf als ausgemacht gelten, daß relativ hochstehende Tiere nach vollständiger Abtragung des Großhirns — einerlei ob sie in psychischem Sinne noch sehen — auf Gesichtseindrücke noch zweckmäßig reagieren, natürlich in einer gegen die Norm eingeschränkten und unvollkommenen Weise. Sie sehen sozusagen reflektorisch, d. h. ohne Verwertung früherer Erfahrungen, lediglich vermittelst der subkortikalen Ganglien. Damit aber ist die Munksche Behauptung keineswegs unverträglich, daß Hunde bei einem im ganzen geringeren Gehirndefekt, nämlich bei bloßem Verlust der beiderseitigen Sehsphären, völlig blind erscheinen, daß eine Verwertung von Gesichtseindrücken für die Bewegungen sich bei ihnen nicht nachweisen läßt. Das großhirnlose Tier ist bei seiner allgemeinen Hilflosigkeit durchaus gezwungen, die ihm noch verbleibenden Mittel zu seiner Orientierung und Erhaltung so ausgiebig zu verwerten, wie sie überhaupt gestatten. Ist jedoch nur sein Sehvermögen in tiefgreifender Weise geschädigt, dagegen eine seelische Verarbeitung der Tast-, Gehörs- und Geruchseindrücke noch ungeschmälert möglich, so kann das Tier durch die erhöhte Energie, die es der Ausnutzung dieser Quellen zuwendet, an einer reflektorischen Beantwortung der unvollkommenen und unverstandenen Gesichtseindrücke direkt gehindert werden.

Sehr belehrend für die Richtigkeit der ausgesprochenen Vermutungen und für die hier bestehendeu Verwickelungen sind die folgenden beiden Experimente. Exstirpiert mau bei Tauben, Hühnern oder anderen Vögeln eine Großhirnhemisphäre, so werden die Tiere auf dem gekreuzteu Auge dauernd und vollkommen blind. Exstirpiert man dann nach beliebig lauger Zeit das ungekreuzte gesunde Auge, so wird das vorher blinde Auge im Verlauf einiger Tage wieder sehend, „und zwar vollkommen, mit normalem Vermögen, die Körper nach ihrer Bedeutung zu uuterscheiden“ (Schrader). Eine gewisse materielle Läsion ist hier also begleitet von einem gewissen geistigen Defekt. Tritt nun aber noch eine weitere materielle Läsion hinzu, so bleibt jener geistige Defekt nicht etwa einfach bestehen, sondern unter dem Druck größerer Anforderungen bildet er sich zurück. Augenscheinlich steht jede Hemisphäre der betreffenden Tiere in Verbindung mit beiden Augen, nur mit dem gekreuzten Auge in näherer, mit dem gleichseitigen in entfernterer Verbindung. Die abstrakte Fähigkeit mit beiden Augen zu sehen hat das Tier also, auch wenn ihm eiue Sehsphäre genommen ist. Aber da das Sehen des dieser Sehsphäre zunächst zugehörigen gekreuzten Auges irgendwie behindert und erschwert sein wird, so macht es davon bei Erhaltung des anderen Auges gar keinen Gebrauch.

Ebenso überraschend ist das zweite, auf Anregung S. Exners von Imamura ausgeführte Experiment. Bei Hunden kann man sowohl durch Verletzung der Sehsphäre wie von anderen Teilen der Hirnrinde, z. B. von der motorischen Zone aus, Störungen des Sehens auf der gegenüberliegenden Seite hervorbringen. Diese Störungen bilden sich nach einigen Wochen regelmäßig zurück. Wenn man nun durch Exstirpation einer solchen Rindenstelle eine Sehstörung hervorruft, diese sich ausgleichen läßt und dann auf derselben Hemisphäre eine zweite Stelle ausschneidet, deren Verletzung sonst gleichfalls eine Sehstörung mit sich bringt, so kehrt die einmal überwundene Störung gleichwohl nicht wieder, sondern die erworbene Ausgleichung bleibt bestehen. Exstirpiert man aber nun an der Hemisphäre der anderen Seite ein Stück der Seh- oder motorischen Sphäre, oder durchschneidet man den Balken, so tritt außer den mit diesen Verletzungen verbundenen neuen Störungen auch die ursprünglich dagewesene und bereits ausgeglichene Sehstörung im vollen Umfange wieder auf und wird jetzt — wenigstens bei Balkendurchschneidung — nicht mehr überwunden. Das Sehen ist offenbar eine mit anderen seelischen Tätigkeiten, namentlich mit Bewegungen, so eng verbundene Leistung, daß es durch sehr verschiedene Angriffe auf die Hirnrinde irgendwie desorganisiert werden kann. Geschieht dies, so wird die Störung allmählich überwunden durch Mitbeteiligung der anderen Hemisphäre an der Funktion der lädierten. Die Bedeutung, die die gesunde Hemisphäre dabei gewinnt, ist so groß, daß weitere mäßige Verletzungen der einmal geschädigten Seite wirkungslos bleiben. Wird nun aber die neugebildete Organisation abermals gestört durch einen Eingriff auch in die zweite Hemisphäre, oder durch ihre Abtrennung von der ersten, so muß natürlich die ursprünglich hervorgebrachte und dann ausgeglichene Störung aufs neue hervortreten und jetzt viel schwerer oder gar nicht mehr überwindbar sein.

Ziehen wir in solcher Weise die Verwickelungen der Verhältnisse in Betracht und lassen dazu nun die Beschränkung auf das Sehen fallen, so wäre abschließend über die psychische Bedeutung der Großhirnlokalisation etwa Folgendes zu sagen. Den verschiedenartigen Empfindungserlebnissen der Seele sowie ihrer willkürlichen Herrschaft über die verschiedenen Bewegungsorgane sind in der mehrerwähnten Weise je verschiedene räumlich getrennte Provinzen der Großhirnrinde zugeordnet. Im allgemeinen bewirkt nun das Großhirn, wie oben (S. 155) auseinandergesetzt, daß die Umsetzung jener Empfindungen in Bewegungen auf Grund der vergangenen Eindrücke geschieht; es bewirkt die allmähliche Vervollkommnung der psychischen Leistungen durch Erfahrung. Bei partiellen Verletzungen der Großhirnrinde wird also je ein bestimmtes Gebiet sensorischer oder motorischer Leistungen der Seele sozusagen von seiner Vergangenheit abgeschnitten, die seelischen Folgen gewisser äußerer Eindrücke werden nicht mehr mitbeeinflußt durch die Nachwirkungen früherer Erlebnisse. Je umfassender die materiellen Schädigungen sind, über desto mehr Gebiete seelischen Lebens erstreckt sich ein solcher Verlust; der Organismus verliert Gruppe für Gruppe seine allmählich, durch Lernen.

erworbene Ausrüstung und wird mehr und mehr reduziert auf die primitiven und angeborenen Reflexaktionen der niederen Zentren. Alles das aber kann nun im einzelnen, bei verschiedenen Tieren, verschiedenen Arten der Schädigung usw., in sehr verschiedenen Weisen zur Erscheinung kommen, ja unter Umständen auch wohl ganz verdeckt werden. Maßgebend dafür sind wesentlich zwei Momente.

Erstens das Verhältnis zwischen den angeborenen und den durch Erfahrung entwickelten Leistungen eines Wesens. Dieses ist ein sehr verschiedenes bei verschiedenen Tiergattungen, namentlich aber verschieden bei Tier und Mensch. Das Tier läuft bald nach seiner Geburt selbständig umher; der Mensch lernt es erst langsam im Verlauf vieler Monate. Der großhirnlose Hund kann dementsprechend noch selbständig stehen und laufen; daß der großhirnlose Mensch es auch können würde, wird niemand für möglich halten. Und so bedingen durchweg Großhirnverletzungen beim Menschen viel schwerere funktionelle Defekte als bei Tieren, weil eben die selbständige Leistungsfähigkeit seiner subkortikalen Zentren von Haus aus eine geringere ist.

Zweitens kommt es an auf die Innigkeit der Verbindungen zwischen den einzelnen Teilen des Großhirns untereinander und zwischen ihnen und den niederen Zentren. Bei tiefer stehenden Tieren sind diese relativ lockere. Nach einer partiellen Schädigung höherer Zentren treten daher die zugehörigen niederen ohne weiteres in Funktion; die unverletzt gebliebenen Großhirnpartien funktionieren weiter, als ob nichts geschehen wäre, und dabei bleibt es weiterhin ohne erhebliche Änderungen. Infolge der viel innigeren Wechselbeziehung aller Teile bei höheren Tieren aber, vor allem beim Menschen, treten hier noch ganz andere Faktoren ins Spiel und bewirken viel verwickeltere und allmählich sich verändernde Erscheinungen. Einmal wirkt die Verletzung, solange sie als solche besteht, hemmend auf andere Funktionen. Daher z. B. die Tatsache, daß pathologische Vorgänge im Gehirn des Menschen in der Regel von viel schwereren Symptomen begleitet sind als Gehirnoperationen bei Tieren (abgesehen von der ersten Zeit nach der Verletzung). Dort besteht ein dauernder Reizungsherd, hier eine verheilte Wunde. Sodann werden durch die Schädigung einzelner Glieder ganze Neuronenverbände in ihrer gemeinsamen Tätigkeit gestört, und es bedarf längerer Zeit, bis sich die funktionsfähig gebliebenen Elemente zu weiterem Zusammenarbeiten neu organisiert haben. Ferner ruft der Ausfall gewisser Funktionen eine erhöhte Anspannung der intakt gebliebenen übrigen hervor. Hierdurch aber kann je nach Umständen entweder ein vorhandener Defekt geschickt verdeckt werden, oder auch eine tat-

sächlich noch vorhandene Fähigkeit in den Hintergrund gedrängt werden, weil sie nicht mehr erheblich genug ist, um seitens des Organismus bei dem Vorhandensein besserer Hilfsmittel Beachtung zu finden. Endlich erscheint es nicht ausgeschlossen, daß bei Schädigungen geringeren Umfangs ein positiver und vollständiger Ausgleich des seelischen Defekts stattfinde, indem sich zwischen den voneinander abgeschnittenen Zentren unter dem dauernden Druck bestimmter Bedürfnisse allmählich andere Verbindungsbahnen zu gut leitenden ausbilden.

Drittes Buch.

Einfachste seelische Gebilde.

§ 12. Allgemeines.

1. Darstellung des Seelenlebens. Große und verwickelte Gebiete von Erscheinungen pflegt man von verschiedenen Gesichtspunkten aus zu betrachten, um dem Reichtum ihrer inneren Beziehungen bei der Beschränktheit der menschlichen Fassungs- und Mitteilungskraft gerecht zu werden. Man erhält so ganz verschieden aussehende Darstellungen, die doch alle dieselben Dinge, nur jede von einer anderen Seite, behandeln, und die erst in wechselseitiger Ergänzung ein Verständnis des Ganzen gewähren. Solcher allgemeinsten Gesichtspunkte und Darstellungsweisen lassen sich drei unterscheiden.

Entweder man rückt das Zuständliche, das wenn auch noch so kurze Zeit Beharrende, in den Mittelpunkt der Betrachtung. Man sondert das Einfachere und Elementare von dem Komplizierten und Komplizierteren, ermittelt den Bau und die Eigenschaften jenes ersten und sieht zu, in welcher Weise und mit welcher Gesetzmäßigkeit das andere aus ihm aufgebaut und zusammengesetzt ist. Oder man richtet sein Augenmerk vorwiegend auf die verschiedenen Arten des Geschehens, dem das Zuständliche, einerlei ob einfach oder zusammengesetzt, unterworfen ist, auf die Prozesse und Vorgänge, die sich an ihm gesetzmäßig abspieleu, sowie auf die Verrichtungen, die es etwa selbsttätig ausübt. Oder endlich man greift bestimmte einzelne Gruppeu des Zuständlichen oder der Prozesse des Geschehens aus der reichen Fülle des ganzen Gebietes heraus und begleitet diese durch verschiedene Phasen der konkreten Entwickelung hindurch, die sie durchmachen. Man zeigt, wie aus bestimmten Anfangszuständen eines konkreten Gebildes durch das Walten der allgemeinen Gesetze des Geschehens bestimmte Folgezustände hervorgehen, oder wie bestimmte einfache Prozesse, die an allmählich sich umbildenden Wesen vor sich gehen, selbst zu anderen und verwickelteren Formen sich gestalten.

Eine klare Illustration dieser drei Verfahrungsweisen geben u. a. die Wissenschaften von der organischen Natur. Die Morphologie macht es sich zur Aufgabe, die Gesetzmäßigkeiten in dem Bau der lebenden Wesen festzustellen. Sie geht zurück auf ihre letzten Bestandteile, die Zellen, und untersucht, wie sich verschiedene Arten von diesen in verschiedenen Anordnungen zu Geweben, Organen und vollendeten Organismen zusammenfügen. Die Physiologie behandelt das eigenartige Geschehen, welches sich an den organischen Wesen abspielt, die Lebensprozesse, die in ihnen allen, den einfachsten wie den zusammengesetztesten, vorgehen, und deren besondere Gestaltungen, Atmung, Ernährung, Fortpflanzung usw., wie sie die Funktionen der verschiedenen Organe ausmachen. Die Entwickelungsgeschichte endlich verfolgt die Schicksale einzelner befruchteter Zellen, die allmähliche Ausbildung von Organen und die damit verbundene Sonderung und Vervollkommnung der ursprünglich vereinigten Funktionen; sie begleitet die ausgebildeten Individuen durch ihre verschiedenen Altersstufen oder ihre Metamorphosen hindurch, und sie sucht endlich die jahrhundertelange Lebens- und Umbildungsgeschichte ganzer Klassen und Stämme von Individuen zu rekonstruieren.

Keine dieser drei Wissenschaften ist richtiger oder vollkommener als die anderen. Jede einzelne ist einseitig und abstrakt. Jede reißt behufs genauerer Untersuchung und eingehenderer Beschreibung auseinander, was im wirklichen Leben durch zahllose Fäden gleichzeitig mit sich und mit anderem verbunden ist. Jede nimmt nur Teile in ihre Hand, von den abgerissenen Bändern kann sie höchstens andeuten, wie sie gesessen haben. Aber gerade deshalb sind alle drei notwendig, und zwar alle in gleicher Weise notwendig zur vollen Erkenntnis der Welt der Organismen. Jede weist zu ihrer Ergänzung gleichmäßig auf die beiden anderen hin; die Reihenfolge, in der sie gewöhnlich (und so auch oben) vorgeführt werden, hat didaktische Gründe und bedeutet keine Rangfolge. Wie etwas funktioniert oder sich umbildend entwickelt, kann ich ganz und voll nur verstehen, wenn ich vorher weiß, wie es gebaut ist und welche Eigenschaften es hat. Und wiederum, den Bau eines Wesens begreife ich nur dann wahrhaft, wenn ich vorher weiß, welche Leistung er zu vollbringen hat, und wie er gewachsen und geworden ist.

Bei der Betrachtung des Seelenlebens kann man nicht anders verfahren als mit ebensolcher Sonderung der Gesichtspunkte. Auch hier gibt es mehr oder minder Beharrendes und Zuständliches, von einfacherer oder verwickelterer Art, Empfindungen und Gedanken, Stimmungen, Hoffnungen, Charaktereigenschaften. Und an diesen psychischen Gebilden und Geweben sozusagen gibt es weiter eigen-

tümliche Arten des Geschehens und Werdens: Eindrücke werden vergessen und wieder erinnert, Stimmungen schlagen um in ihr direktes Gegenteil, Gefahren wecken Gedanken und vorausschauende Handlungen der Abwehr. Endlich ergeben sich auch hier aus der Betätigung der Prozesse des Geschehens an den psychischen Gebilden gesetzmäßige Entwickelungen und Umformungen der Gebilde sowohl wie der Prozesse: das Kind lernt seine Umgebung verstehen und sich ihr verständlich machen, der Heranwachsende akkommodiert sich immer sicherer und instinktiver den harten Realitäten des Lebens, die Ideale des Mannes sind durchweg andere als die des Jünglings. Um allen diesen Dingen genügend gerecht zu werden, muß man ihre Behandlung auseinanderhalten, und also auch in der Psychologie bald einen morphologisch-anatomischen, bald einen physiologischen und bald einen genetisch-historischen Gesichtspunkt der Betrachtung maßgebend sein lassen.

In der Tat sind alle drei von jeher zur Geltung gelangt. Spinozas Zergliederung der Affekte, Untersuchungen über die psychologische Struktur der Begriffe und Urteile, Analysen des Schönen und Erhabenen gehören der psychischen Morphologie und Anatomie an. Die auf englischem Boden großgewordene Lehre von der Assoziation, die Herbartschen Theorien der Vorstellungshemmung und der Apperzeption bilden Kapitel einer psychischen Physiologie. Die Untersuchungen endlich über das Zustandekommen der Raumanschauung, über die Genesis des Selbstbewußtseins, die ganze Spencersche Psychologie sind psychische Entwickelungsgeschichte.

Allerdings fehlt es auch nicht an Auffassungen, die die gleichmäßige Berechtigung jener drei Gesichtspunkte für die Psychologie nicht gelten lassen wollen. Eine solche liegt z. B. schon in der gebräuchlichen Verwischung des eben gemachten Unterschiedes von seelischen Gebilden und seelischen Prozessen. Ein und dasselbe Seelische hört man oft in einem Atem als seelischen Zustand „oder“ Vorgang bezeichnen, oft auch ausdrücklich betonen, daß es seelische Zustände überhaupt nicht gebe, sondern nur seelische Prozesse. In der Tat ist ja fast alles Seelische unablässigen und relativ schnellen Veränderungen unterworfen, es befindet sich in einem fortwährenden Fluß des Geschehens. Indes Wolken und Wellen existieren auch nur in stetem Werden und Vergehen; es gibt seelische Gebilde, die erheblich beharrlicher sind als sie; Pflanzen und Tiere werden in jeder Sekunde andere durch den unausgesetzten Stoffwechsel. Doch aber bezeichnet niemand eine Wolke oder einen Baum als einen Vorgang, sondern hält beides, das wenn auch noch so flüchtige Gebilde und das seinen Bestand fortwährend modifizierende Geschehen, wohl auseinander. Dieselben Gründe aber, die es anderswo als notwendig

oder als zweckmäßig erscheinen lassen, die Betrachtung der Vorgänge und ihrer Gesetze von der Betrachtung der Dinge zu sondern, an denen sie vorgehen, und der Gesetzmäßigkeiten ihres Baues, dieselben bestehen auch für die Psychologie.

Einer anderen Erwägung, die mit großer Emphase aufzutreten pflegt, begegnet man namentlich in neuerer Zeit häufig. Das seelische Leben, so wird geltend gemacht, besteht nicht aus einer Vielheit von elementaren Gebilden, die zu mehr oder minder komplizierten Verbänden zusammenträten und durch eine Vielheit von Gesetzen beherrscht würden. Sondern die Seele ist zunächst und vor allem ein organisches Ganzes, eine Einheit, kein Nebeneinander, sondern ein In- und Durcheinander. Sie wächst und gestaltet sich nicht durch Aggregation, sondern durch Segmentation, nicht durch äußerliches Aneinander- und Zusammentreten der Dinge, sondern durch Entfaltung von innen heraus. Diesem Tatbestand aber wird die *atomistische Zersplitterung* des Seelenlebens, wie man seine Behandlung von jenem morphologischen (vielleicht auch von dem physiologischen) Gesichtspunkte aus nennt, nicht gerecht. Sie löst das, was immer nur als Ganzes gegeben ist, auf in eine Mehrheit von Empfindungen, Vorstellungen, Gefühlen, läßt diese sich verbinden, sich trennen, miteinander ringen u. dergl., während sie doch als selbständige und isolierte Realitäten überhaupt nicht existieren. Eine solche Betrachtungsweise ist für die ganz andersartigen Dinge der Außenwelt, in den Naturwissenschaften also, an ihrem Platze, wo sie ja auch entstanden ist; ihre Übertragung auf die Psychologie ist irreleitend und führt zu einem Zerrbild. Man muß die Seele stets in der lebendigen Totalität ihres Wesens zu erfassen suchen, und das ist imgrunde nur möglich für eine genetische Betrachtungsweise, indem man sie als ein sich allmählich entfaltendes Ganzes in der Geschichte ihrer Entwickelung verfolgt.

Soweit diese Behauptungen die Beschaffenheit der Seele betreffen, sind sie uneingeschränkt richtig; die Tatsache der seelischen Einheitlichkeit hat uns ja bereits gleich zu Eingang beschäftigt (§ 2). Die Folgerungen aber, die daraus für die Betrachtung und Behandlung des Seelenlebens gezogen werden, beruhen auf einem Mißverständnis. Eine reichgegliederte und verwickelte Einheit läßt sich als solche überhaupt nicht adäquat darstellen und in wirklicher Anschaulichkeit beschreiben. Man stelle sich an, wie man wolle; um von ihr Kenntnis zu nehmen und zu geben, muß man sie zerpflücken, sonst sieht man vor lauter Totalität den Reichtum des Inhalts nicht, der sie doch allein ausmacht. Erst nachdem man von verschiedenen Gesichtspunkten aus das Einzelne betrachtet und in sich aufgenommen hat, ist eine Herstellung und lebendige Anschauung des Ganzen mög-

lich, in dem jenes freilich allein Realität hat. Indes diese mit einem Blick das Ganze umspannende und durchdringende Totalanschauung läßt sich nicht mehr methodisch erzwingen, noch durch irgend welche Kunst der Darstellung anderen einfach mitteilen. Auch die entwickelungsgeschichtliche Betrachtung operiert mit Abstraktionen gegenüber der ganzen Fülle der Wirklichkeit und liefert nur Stückwerk: denn wie käme sie vom Fleck mit der gewollten Darstellung des zeitlich aufeinander Folgenden, wenn sie nicht den verwirrenden Reichtum des zeitlich zugleich Vorhandenen vernachlässigen wollte? Die Gewinnung jenes lebendigen Ganzen ist vielmehr Sache einer phantasievollen Rekonstruktion, die der eigenen geistigen Kraft des Einzelnen entspringen muß, eines halb ahnenden Ineinanderwebens der nacheinander und stückweise aufgenommenen Einzelheiten, das nicht mehr gelehrt werden kann. Intuition nannte es das Mittelalter und verlangte mit Recht, daß so etwas die diskursiven Betrachtungen des Verstandes nicht etwa ersetze, sondern vollende.

So verhält es sich überall, wo wir es mit inhaltreichen Einheitsbildungen zu tun haben. Es ist ja doch gar nicht richtig, daß sich die Seele wegen ihrer Einheitlichkeit in einem Gegensatz befinde zu den Dingen der äußeren Natur. Sondern ein Gegensatz besteht nur etwa zu Steinen und Wolken, überhaupt zu den Dingen, mit denen Physik und Chemie vorwiegend zu tun haben; er besteht aber schlechterdings nicht zu den organischen Wesen, den Pflanzen. Tieren und menschlichen Leibern. Für diese gilt zweifellos alles das vorhin von der Einheitlichkeit der Seele Behauptete ganz in derselben Weise. Wenn nun gleichwohl für diese biologischen Dinge die anatomische und physiologische Betrachtung sich als berechtigt und notwendig erwiesen haben, wie sollten sie für das analog beschaffene Seelenleben entbehrlich oder gar irreleitend sein können? Man muß ihnen nur hier nicht mit schlechterem Verständnis und geringerer eigener Arbeit begegnen als dort. Wenn der Anatom von Zellen, Muskelfasern, Blutkörperchen, Verdauungsorganen als von Teilen des Organismus spricht, so mißversteht ihn niemand, als ob er diesen Organismus zu einem äußerlichen Aggregat aus solchen Elementen machen wolle, oder etwa behaupte, zuerst seien die Teile dagewesen und dann der Organismus aus ihnen zusammengesetzt worden, wie ein Haus aus Balken und Ziegelsteinen. Man gestattet dem Physiologen, nacheinander von Blutzirkulation, Atmung, Stoffwechsel als von verschiedenen Funktionen des Organismus zu reden, aber man imputiert ihm nicht die Meinung, daß diese Funktionen so selbständig und unabhängig nebeneinander herlaufen, wie er sie aufzählt, oder wie das Spiel des Herdfeuers und der Wasserleitung in einer Küche.

Man zeige dem Psychologen ein ähnliches Entgegenkommen, und die Bedenken gegen seine „atomistischen Zersplitterungen“ werden verschwinden. Er spricht von Empfindungen, Wahrnehmungen, Affekten, Assoziationen als von einfacheren und komplizierteren Gebilden und Funktionen. Aber er behauptet damit nicht, daß die verwickelten Gebilde aus den einfachen und das Ganze aus den verwickelten etwa durch Zusammensetzung entstanden seien, daß also erst die Elemente existiert hätten und diese dann zu Komplexen zusammengefügt wären. Sondern er meint, ganz wie der Anatom und der Physiologe, daß, wenn man das, was jederzeit nur als ein Ganzes und Einheitliches real existiert, behufs genauerer Kenntnisnahme eingehend untersucht, man darin die und die Bestandteile und Funktionen als verschiedenartig unterscheiden könne, und daß man bei möglichster Ausdehnung solcher Unterscheidungen schließlich bei gewissen letzten und nicht weiter zerlegbaren Dingen anlange. Er ist sich durchaus bewußt, daß das unterscheidbare Einzelne in dem lebendigen Ganzen nur in den innigsten Verkettungen und Wechselbeziehungen vorhanden ist, und will imgrunde auf nichts anderes hinaus, als eben hierfür ein volles Verständnis zu erwecken. Aber um es zu können, um anschaulich zu machen, wie hier unter Umständen ein Tritt tausend Verbindungen schlägt, kann er seinerseits nicht anders verfahren, als tausendmal ansetzen und die einzelnen Fäden verfolgen. Für das übrige muß er auf die Bereitwilligkeit und die geistige Kraft dessen rechnen, der von ihm lernen will, und er kann höchstens immer wieder andeuten und darauf aufmerksam machen, daß nun noch etwas hinzukommen müsse, daß alles das nacheinander Dargestellte als real gleichzeitig und eins in dem anderen lebend zu denken sei.

Unsere drei Gesichtspunkte sind mithin für die Betrachtung des Seelenlebens in guter Ordnung. Eine Beeinträchtigung der Einheitlichkeit und Ganzheit der seelischen Bildungen und Betätigungen ist von keinem von ihnen zu befürchten, wofern man sie nicht mißversteht. Sie sind daher auch der folgenden Darstellung zugrunde gelegt, natürlich in etwas freierer Weise, als es seitens der biologischen Disziplinen geschieht, da sie alle innerhalb des Rahmens eines Buches zur Geltung kommen sollen. Zuerst verfahren wir vorwiegend morphologisch und betrachten die einfachsten durch unsere Analyse zu erreichenden psychischen Gebilde und deren Eigentümlichkeiten. Danach verhalten wir uns vorwiegend physiologisch und beschäftigen uns mit den einfachsten, d. h. den letzten unterscheidbaren Arten des seelischen und seelisch bedingten Geschehens. Die späteren Teile endlich werden vielfach entwickelungsgeschichtlichen Darstellungen gewidmet sein und die verschiedenen Bildungen und Prozesse des

ausgebildeten Seelenlebens in ihrem allmählichen Zustandekommen zu begreifen suchen.

2. Arten der einfachsten Gebilde. Als letzte unterscheidbare Bildungen des Seelenlebens pflegt man drei Klassen aufzuzählen: Vorstellungen, Gefühle, Willensakte. Diese Einteilung ist indes nicht rein von psychologischen, sondern zum Teil von praktischen Gesichtspunkten bestimmt worden. D. h. sie klassifiziert die Dinge nicht sowohl nach den Verschiedenheiten, die sie der einfachen und unmittelbaren Betrachtung zeigen, als vielmehr nach den großen Hauptrichtungen seelischer Gesamtbetätigung, die für das praktische Leben von Bedeutung sind. Erkennen und Handeln sind solche verschiedenen Leistungen der ausgebildeten Seele, die ohne weiteres in die Augen fallen. Daher die Unterscheidung von Vorstellungen, mit denen ursprünglich alle die seelischen Inhalte gemeint sind, die bei dem Erkennen eine Rolle spielen, und Willensakten oder Begehrungen, als den seelischen Vorbedingungen des Handelns. Als man darauf aufmerksam wurde, daß bei dieser Zweiteilung andere bedeutungsvolle Betätigungen des Gesamtseelenlebens, die Kunst, das religiöse Leben, psychologisch nicht genügend gewürdigt werden, fügte man noch eine weitere Klasse hinzu, die Gefühle, und kam so zu der obigen Dreiteilung.

Läßt man, wie erforderlich, bei der Gruppierung des Elementaren die Rücksicht auf die verwickelten Bildungen des höheren Seelenlebens außer acht und ordnet die Dinge lediglich nach ihren unmittelbar zu beobachtenden Ähnlichkeiten und Verschiedenheiten, so gelangt man zu einer anderen Übersicht. Von den oben erwähnten drei Klassen kann nur die mittlere, die der Gefühle, allenfalls beibehalten werden, obschon auch sie noch, wie sich zeigen wird, im Vergleich mit dem ihr früher zugewiesenen, einen anderen, und zwar einfacheren, Inhalt bekommt. Die beiden anderen Glieder der Dreiteilung dagegen bedürfen der Abänderung. An die Stelle der viel umfassenden Klasse der Vorstellungen in dem eben erwähnten allgemeinen Sinne dieses Wortes sind zwei besondere zu setzen, die neben manchem anderen in jener zusammengefaßt waren. Nämlich erstens die Klasse der in der Regel durch die Sinnesorgane vermittelten *Empfindungen*, und zweitens die der sogenannten Phantasievorstellungen, die hier (wegen der geringeren psychologischen Brauchbarkeit des umfassenderen Terminus) einfach als *Vorstellungen* bezeichnet werden sollen. Unbeschadet einer gesetzmäßigen Beziehung zwischen diesen beiden Klassen und unbeschadet auch einer gewissen inhaltlichen Ähnlichkeit, stellen sich beide doch im wesentlichen als ganz verschiedenartige letzte Erlebnisse dar und sind daher auseinander zu

halten. So resultieren wieder drei Gruppen: Empfindungen, Vorstellungen, Gefühle, von denen indes die beiden, deren Namen mit zwei Gliedern der alten Teilung übereinstimmen, hier einen erheblich engeren Inhalt haben. Neben diesen drei Arten von Gebilden aber nun noch Willensakte oder Begehrungen als besondere elementare Formen des Seelenlebens anzusetzen, besteht keine Veranlassung. Die seelischen Bedingungen des Handelns sind, wie wir sehen werden, nicht andersartige letzte Bildungen neben den drei genannten, sondern es sind eigenartige Kombinationen von Empfindungen, Vorstellungen und Gefühlen selbst, Kombinationen, in denen ganz bestimmte Empfindungen und bestimmte Vorstellungsbeziehungen eine besondere Rolle spielen, die aber außer solchen wohl unterscheidbaren Gliedern der bereits erwähnten Klassen nichts Neues enthalten. Als allgemeinste Arten der letzten unterscheidbaren Gebilde des Seelenlebens gelten uns also lediglich Empfindungen, Vorstellungen und Gefühle.[1]

Bei der Behandlung der Empfindungen ist, um dies gleich hinzuzufügen, noch eine Zweiteilung vorgenommen worden. Im einzelnen sind bekanntlich hier wieder zahlreiche Sonderarten zu unterscheiden, wie Farben, Gerüche usw., die sich ohne weiteres, indem sie erlebt werden, als verschieden darstellen und größtenteils auch durch verschiedene äußere Organe vermittelt werden. Unter den mannigfachen

[1] Eine eingehendere Erörterung der oben dargelegten Auffassung scheint mir nicht nötig; ihre eigentliche und letzte Rechtfertigung kann doch nur durch die folgende Darstellung selbst gegeben werden. Nur im Vorbeigehen erwähne ich daher auch eine abweichende Ansicht Brentanos. Dieser behauptet (Psychologie I S. 261 ff.), daß neben Vorstellungen auch Urteile Anspruch darauf hätten, als eine besondere Grundklasse psychischer Phänomene gezählt zu werden. Das Urteil bestehe in einem (als wahr) Annehmen oder (als falsch) Verwerfen, in der Anerkennung oder Leugnung eines vorgestellten Inhalts. Es komme in ihm also zu dem bloßen Vorstellen eine zweite und grundverschiedene Beziehung des Bewußtseins zu seinem Gegenstande hinzu, eine Überzeugung von Wahrheit und Unwahrheit, die in verschiedenen Graden der Gewißheit auftreten könne, von denen die bloße Vorstellung oder auch Vorstellungskombination nichts zeige. Ich verstehe nicht recht, wie die Statuierung dieser neuen Grundklasse namentlich bei österreichischen Psychologen so vielen Beifall hat finden können, daß sie immer noch als etwas besonders Beachtenswertes genannt wird. Gewiß kommt in dem Urteil zu der bloßen, sozusagen neutralen Vorstellung noch etwas hinzu, was weder mit einer besonderen Lebhaftigkeit der Vorstellung noch auch mit einer beliebigen Verknüpfung gleichartiger Vorstellungen verwechselt werden darf. Aber etwas Anderes als selbst wieder Vorstellung ist das Hinzukommende darum doch nicht. Es besteht in einer sehr abstrakten Vorstellung von Realität oder Wirklichkeit, die sich als notwendiger Niederschlag aus gewissen Erfahrungen des Empfindungslebens allmählich entwickelt. Hier liegt also nichts Neues und Letztes vor, sondern ein ableitbares Erzeugnis des Vorstellungsgetriebes, wie es deren manche andere gibt. Näheres darüber im zweiten Bande.

Eigenschaften nun, welche diese Einzelgruppen charakterisieren, besteht ein Unterschied. Die einen gehören je einer der überhaupt anzusetzenden Klassen ausschließlich an, sie bilden eben das spezifisch Eigentümliche, wodurch sich die eine Klasse als etwas Besonderes von allen anderen abhebt. So Farbenton und Helligkeit bei den Gesichtsempfindungen, Höhe und Tiefe bei den Gehörsempfindungen, Wärme und Kälte bei den Temperaturempfindungen. Andere Eigenschaften dagegen kommen mehreren oder allen jener Klassen gemeinsam zu, unbeschadet ihrer sonstigen Verschiedenheit. So findet sich z. B. räumliche Ausdehnung an den Gesichtseindrücken sowohl wie an den Empfindungen der Haut, zeitliche Dauer an allen Empfindungen überhaupt. Die Darstellung muß diesem Unterschiede Rechnung tragen, und so sollen uns erst die besonderen Eigentümlichkeiten der verschiedenen Empfindungsarten, danach die ihnen mehr oder weniger gemeinsamen Eigentümlichkeiten beschäftigen.

Erstes Kapitel.

Die Empfindungen nach ihren besonderen Eigentümlichkeiten.

A. Die Gesichtsempfindungen.[1]

§ 13. Das Auge.

1. Der dioptrische Apparat. Das menschliche Auge ist ein annähernd kugelförmiger Körper, dessen größter Querschnitt ungefähr die Größe eines Ein-Markstückes hat. Als Achse dieser Kugel betrachtet man behufs übereinstimmender Orientierung eine von der Mitte der Pupille durch den Mittelpunkt des ganzen Auges gehende gerade Linie; Äquator des Auges ist demnach ein größter Kreis, der bei geradeaus gerichtetem Blick parallel der Stirnfläche um die Kugel herumgeht.

[1] Gesamtdarstellungen: H. v. Helmholtz, Handbuch der Physiolog. Optik 1867; 2. Aufl. 1885—1896. Darin S. 1013 ff. vollständiges Verzeichnis der Literatur, in systematischer Anordnung, bis 1894. H. Aubert, Physiol. Optik: in Graefe-Saemisch, Handb. der ges. Augenheilkunde 2, 2; 1876. Fick, Kühne, Hering, Physiologie des Gesichtssinns: in Hermanns Handb. der Physiologie 3, 1: 1879. Parinaud, La vision: 1898. Tscherning, Optique physiologique: 1898. Schenk, W. Nagel, v. Kries, Der Gesichtssinn; in Nagels Handb. der Physiol. 3, 1; 1904.

Sieht man ab von den nervösen Gebilden des Auges, die weiterhin zur Sprache kommen sollen, so besteht es aus zwei ineinander geschachtelten Häuten, welche in dem von ihnen umgebenen Hohlraum außer Wasser zwei durchsichtige Körper einschließen (Fig. 15). Die gemeinsame Funktion dieser Teile ist dieselbe wie die einer photo-

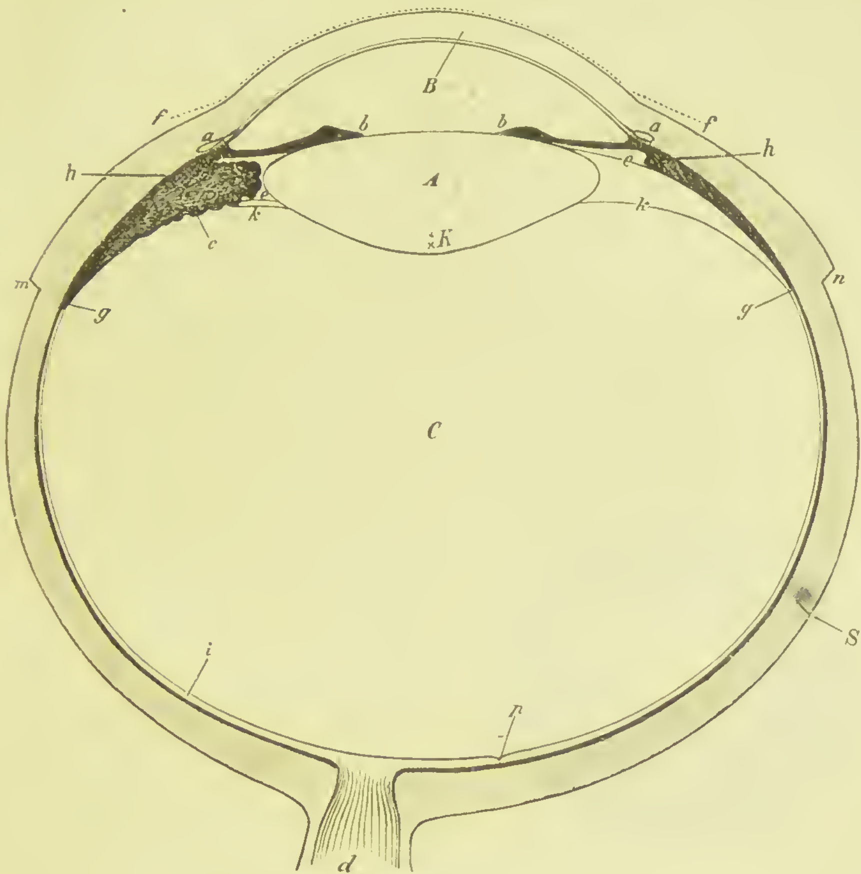


Fig. 15. Horizontalschnitt durch das rechte menschliche Auge (nach von Helmholtz. $\frac{4}{1}$). *S* Sclera, *B* Hornhaut (*f* Bindehaut), *A* Kristallinse (*K* Knotenpunkte), *C* Glaskörper, *g* Chorioidea, *h* Ciliarkörper (links geht der Schnitt durch einen Ciliarfortsatz *c*, rechts in der Mitte zwischen zwei Fortsätzen bloß durch den Ciliarmuskel, *b* Iris, *e* Fasern der Zonula Zinnii.

i Netzhaut, *p* Gelber Fleck mit Zentralgrube, *d* Sehnerv.

graphischen Kamera: Wiedervereinigung der Lichtstrahlen, welche von verschieden entfernten äußeren Objekten divergierend ausgehen, zu deutlichen reellen Bildern.

Form und Zusammenhalt des ganzen Apparats werden bestimmt durch die *Sclera,* die äußere der erwähnten beiden Häute, ein allseitig geschlossenes Gehäuse von beinahe lederartiger Festigkeit, hinten durchbohrt von dem Sehnerven. Am vorderen Pol des Auges geht

sie über in die etwas stärker gekrümmte *Hornhaut*, die durchsichtige Bedeckung der braun oder blau gefärbten Partie. Diese hat annähernd die Form der abgeschnittenen Kappe eines kleinen dreiachsigen Ellipsoids und bewirkt die erste Brechung der ins Auge tretenden Lichtstrahlen.

Die der Sclera innen anliegende und mit ihr am Rande der Hornhaut und an der Eintrittsstelle des Sehnerven fest verwachsene zweite Haut heißt *Chorioidea (Aderhaut).* Sie ist zunächst Trägerin einer großen Fülle von Blutgefäßen, gewissermaßen ein großes und dünn ausgebreitetes Blutfeld. Außerdem enthält sie ein tiefdunkelbraunes Pigment, das Lichtreflexionen im Innern des Auges verringert und zugleich das durch die Sclera durchschimmernde Licht abschwächt. Die hintere Hälfte des Auges bekleidet die Chorioidea lediglich als glatte dünne Membran; in ihrer vorderen Hälfte dagegen ist sie auf der Innenseite in zahlreiche feine halskrausenartige Falten gelegt, die gleichsam körperliche Meridiane des Auges bilden *(Ciliarfortsätze).* Sie erheben sich an dem Ringe, in dem die Hornhaut mit der Chorioidea verwachsen ist, und verlaufen nach hinten bis gegen den Augenäquator (Fig. 16). Auf der entsprechenden äußeren, also der Sclera zugewandten, Seite der vorderen Chorioidea ist ihr ein Muskel aufgelagert (*Ciliarmuskel*), dessen Fasern größtenteils eine Strecke weit wie die eben genannten Falten verlaufen, nämlich von dem Rande der Hornhaut, wo sie ihren festen Ansatz haben, nach dem Äquator des Auges hin, dann aber in die zirkuläre Richtung umbiegen und also die Richtung von Breitengraden der Augenkugel verfolgen. Wird dieser Muskel kontrahiert, so werden die Ciliarfortsätze etwas nach vorn und innen zusammengezogen und dadurch die vordere Weite des Aderhautsackes etwas verringert, ähnlich wie die Öffnung eines mit Längs- und Querfäden umschnürten Beutels durch Anziehen der Schnüre verkleinert wird. Das vorderste Stück der Chorioidea ist als ebene Fläche hinter der Hornhaut ausgespannt und daher von vorn sichtbar, die *Iris* mit dem Pupillarloch. Auch die Iris enthält Muskelfasern, die sich unter dem Einfluß des Lichts und demjenigen von Gemütsbewegungen reflektorisch kontrahieren und damit die Pupille verengern oder erweitern.

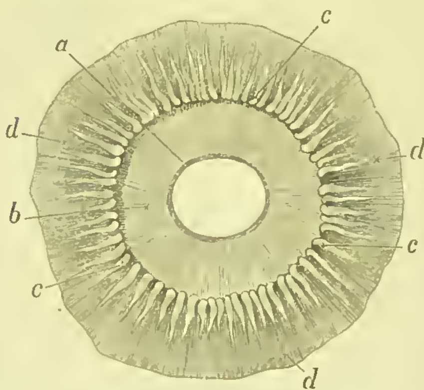


Fig. 16. Vordere Hälfte des Auges von hinten nach Entfernung der Linse. *a* und *b* Iris, *c* Ciliarfortsätze, *d* Chorioidea.

Die innere Ausfüllung des Auges besteht in dem Raum zwischen Hornhaut und Iris aus einer nur wenig von Wasser verschiedenen Flüssigkeit. Unmittelbar hinter der Iris liegt ein bikonvexer linsenförmiger Körper, die *Kristallinse*, die eine abermalige Brechung der Lichtstrahlen bewirkt. In ihrer Struktur ist diese ähnlich einer Zwiebel, indem sie aus zahlreichen ineinander gekapselten Schichten besteht. Das Gewebe in ihrem Inneren hat eine butterartige Konsistenz, allein das Ganze ist in eine starke und elastische Haut eingeschlossen und erhält durch diese selbst eine gewisse Elastizität: nach dem Aufhören formverändernder Einwirkungen auf die Linse wird die vorige Gestalt prompt wiederhergestellt. An ihrer Stelle gehalten wird die Linse durch den Ciliarteil der Chorioidea, an den sie bis auf eine ganz geringe Entfernung heranreicht. Von dem Linsenäquator gehen zahlreiche starke Fäserchen zu den Zotten und Tälern der Ciliarfortsätze und vereinigen sich auf diesen zu einem dem Ciliarkörper fest anhaftenden Maschenwerk (*Zonula Zinnii*). Die Linse ist also an den Ciliarfortsätzen suspendiert, etwa wie die Nabe eines Rades an dem Radumfang, nur daß hier Nabe und Radumfang beinahe gleich groß und dafür die Speichen sehr kurz und von mikroskopischer Feinheit sind.

Der gesamte übrige Hohlraum des Auges ist ausgefüllt von dem *Glaskörper*, einer durchsichtigen Gallerte, die noch von einer besonderen und mit der eben erwähnten Zonula verbundenen Membran zusammengehalten wird.

Bekanntlich muß ein photographischer Apparat für die verschiedenen Umstände, unter denen er Aufnahmen machen soll, jedesmal eingestellt werden, und zwar in zwiefacher Weise. Erstens wird eine zwischen den Linsen des Objektivs befindliche Blende, durch welche die Basis der eintretenden Lichtkegel und damit die Helligkeit sowie die Deutlichkeit der Bilder bestimmt wird, enger oder weiter genommen, je nachdem man über viel oder wenig Licht verfügt, mit Landschaften zu tun hat, die lange Zeit stillhalten, oder mit Personen, die das nicht lieben. Zweitens muß je nach der Entfernung der abzubildenden Gegenstände von dem Apparat auch der Abstand der lichtempfindlichen Platte von dem Objektiv passend gewählt werden. Ganz entsprechenden Einstellungen begegnen wir am Auge.

Eine veränderliche Blende besitzt es in der Iris. Steigerung der objektiven Helligkeit bewirkt an ihr Verengerung der Pupille, Verminderung der Helligkeit Erweiterung; desgleichen verengert sich die Pupille bei Konvergenz der Augen für das Sehen in der Nähe und erweitert sich beim Sehen in die Ferne. Durch welche Vermittelungen innerhalb des Nervensystems diese Bewegungen zustande gebracht werden, ist uns unbekannt; wir erkennen nur ihre Zweckmäßigkeit für

die Funktion des Organs. Infolge der Abhängigkeit der Irisbewegungen von der Lichtstärke beherrscht das Auge ein größeres Gebiet von Helligkeiten, als sonst, bei starrer Pupille, der Fall sein würde. Es vermag jetzt den Helligkeitssteigerungen der objektiven Dinge länger zu folgen, ehe es angegriffen oder geschädigt wird, und ebenso ihren Verdunkelungen länger, ehe es überhaupt aufhört, etwas wahrzunehmen. Durch die Verengerung der Pupille ferner beim Nahesehen wird befördert, was man die Tiefe des Sehens nennen könnte. Befinden sich mehrere Gegenstände im ganzen in der Nähe eines brechenden Apparates, aber in etwas verschiedenen Entfernungen, so liegen ihre Bilder bekanntlich relativ entfernt voneinander (während umgekehrt die Bilder von Gegenständen in verschiedenen, aber durchweg großen Entfernungen von dem Apparat dicht zusammenrücken). Wird also das Bild eines einzelnen nahen Gegenstandes auf einem Schirm aufgefangen, so erscheinen alle anderen, auch nur wenig näheren oder ferneren Gegenstände auf diesem relativ verschwommen und undeutlich. Dieser Übelstand wird vermindert durch eine Verkleinerung der Blendenöffnung, weil dadurch alle Lichtkegel spitzer und mithin die Zerstreuungskreise kleiner werden. Indem sich also die Pupillen bei Konvergenz der Gesichtslinien verengern, beherrscht das Auge auch beim Nahesehen Gegenstände in etwas verschiedenen Entfernungen, wie es das beim Fernsehen ohnehin tut. Dem Betrage nach sind die Veränderungen der Pupillengröße ziemlich bedeutend: bei ihrer größten Öffnung gelangt etwa 40 mal soviel Licht in das Auge wie bei der geringsten. Für genauere Untersuchungen über die Helligkeitsverhältnisse des Gesehenen erwächst daraus die Notwendigkeit, einen so veränderlichen Faktor auszuschalten. Man muß entweder die Iris künstlich immobilisieren, z. B. durch Atropin, oder die Lichtstrahlen vor ihrem Eintritt in das Auge noch durch eine feste Blende gehen lassen, die enger ist als der voraussichtlich vorkommende kleinste Pupillendurchmesser.

Die zweite Einstellung des Auges, die Anpassung an die wechselnden Entfernungen der objektiven Gegenstände besteht in der sogenannten *Akkommodation.* Diese beruht auf einem ganz anderen Prinzip als bei der photographischen Kamera: nicht auf Änderungen der Länge des Augapfels, wie man sich früher wohl dachte, sondern auf einer Veränderung der Wölbung der Linse, die selbst wieder vermittelt wird durch den der Chorioidea aufsitzenden Ciliarmuskel. Nach der darüber von Helmholtz aufgestellten und mehrfach durch direkte Beobachtungen bestätigten Theorie ist der Vorgang dieser. In dem ruhenden Auge sind durch die pralle Anfüllung des Inneren die die Linse an die Ciliarfortsätze heftenden Fasern nicht nur

straff gespannt, sondern sie üben außerdem noch von allen Seiten einen beträchtlichen Zug nach außen auf den Linsenrand aus, der die Linse etwas abplattet. In diesem Zustande ist das normale Auge zum Fernsehen eingerichtet. Soll nun in die Nähe gesehen werden, so tritt eine Kontraktion des Ciliarmuskels ein; hierdurch wird der Kranz, in dem die Ciliarfortsätze die Linse umgeben, etwas verkleinert, die Fortsätze nähern sich dem Linsenäquator. Damit aber muß die Spannung der die beiden aneinander heftenden Zonulafasern verringert werden, und die elastische Linse wird also, befreit von dem sie abplattenden Zuge, sich ihrer natürlichen Gleichgewichtslage nähern und sich etwas stärker wölben, wie es eben erforderlich ist, damit das Bild eines näheren Gegenstandes in derselben Entfernung zustande komme wie vorher das eines ferneren.

2. Die Retina. Die hintere Hälfte des Augeninneren ist von einer dünnen Haut ausgekleidet, die den nervösen Apparat des Organs enthält, von der der Innenfläche der Chorioidea dicht angelagerten *Retina* oder *Netzhaut*. Trotz ihrer geringen Dicke (0,4 mm an den dicksten Stellen) hat diese einen ungemein komplizierten Bau, der erst mit Hilfe der neueren histologischen Methoden einigermaßen verständlich geworden ist.[1]

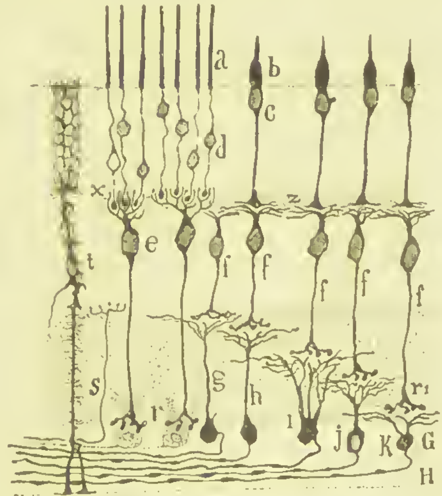


Fig. 17. Querschnitt durch die Retina eines Säugetiers (schematisch nach R. y Cajal). *a* u. *b* Stäbchen und Zapfen; *c* u. *d* Zapfenzellen und Stäbchenzellen; *e* u. *f* bipolare Zellen in Verbindung mit den Ausläufern der Stäbchen und Zapfenzellen; *G* (*g*, *h*, *i*, *j*, *k*) Ganglienzellen des Sehnerven; *H* Optikusfasern; *t* Müllersche Stützfasern; *s* zentrifugale Nervenfasern.

In der großen Hauptsache besteht die Retina aus drei hintereinander geschalteten Schichten von Zellen, die vielleicht sämtlich nervöser Natur sind (Fig. 17). Die innerste, also dem Glaskörper zunächst gelegene Schicht wird gebildet von den Ursprungszellen des sogenannten Sehnerven (*G*). In dem größten Teil der Retina bilden sie

[1] Alle älteren Darstellungen sind daher wie für das Nervensystem überhaupt, so auch hier veraltet. Sie sind nicht etwa falsch, aber sie führen hinsichtlich des Zusammenhangs der unterscheidbaren Teile nicht weit genug. Am vollständigsten wurde dieser klargelegt von Ramon y Cajal, Die Retina der Wirbeltiere (übs. von Greeff); 1894. Neueste Darstellung: Greeff, Mikroskopische Anatomie des Sehnerven und der Netzhaut. In Graefe-Saemisch, Handb. der Augenheilk. 2. Aufl. Bd. 1 Kap. 5. 1900.

bloß eine einzellige Lage, nur innerhalb des gelben Flecks sind ihrer mehrere Reihen aufeinandergelagert. An ihrem äußeren (der Chorioidea zugekehrten) Pol entsendet jede Zelle ein ziemlich reiches Büschel von Protoplasmafortsätzen, die sich mehr oder weniger weit nach hinten erstrecken und die Verbindung mit der nächsten Zellenschicht herstellen. Auf der entgegengesetzten Seite der Zelle, nach dem Augeninneren zu, entspringt dagegen nur eine einzige feine Faser, die sich sogleich nach ihrem Abgang rechtwinklig umbiegt. Alle diese Fasern (*H* Fig. 17) verlaufen auf der Innenfläche der Netzhaut zu ein und derselben Stelle des Augenhintergrundes (der sogenannten *Papilla*) und treten hier als Sehnerv (Fig. 15 *d*) durch die Augenhäute nach außen. Sie ziehen zu den hinteren Teilen des Sehhügels und zu den vorderen Vierhügeln teils derselben teils der gekreuzten Hirnhemisphäre, um hier verästelt und aufgebüschelt zu endigen.

Die äußerste, der Chorioidea zunächst liegende der drei Zellschichten wird gebildet von den *Stäbchen- und Zapfenzellen* (auch Sehzellen genannt; *c* und *d* der Figur). Dies sind kleine länglichrunde Körperchen von etwa $^1/_{100}$ mm Länge, die fast ganz durch einen Zellkern ausgefüllt werden und dichtgedrängt in mehreren Reihen übereinander liegen. Nach innen zu sind sie in einen geraden Faden ausgezogen, der bei den Stäbchenzellen sehr fein ist und mit einer kleinen kugeligen Anschwellung endet, bei den Zapfenzellen stärker und in einen platten Kegel ausläuft. Nach außen sind sie mit zwei charakteristisch verschiedenen Arten von Endgebilden versehen, *den Stäbchen* (*a*) *und Zapfen* (*b*), die übrigens noch durch eine feine Membran gegen die Zellschicht selbst abgegrenzt sind. Wie die Namen anzeigen, sind die Stäbchen langgestreckte zylindrische Gebilde, die Zapfen dagegen von flaschen- oder spindelförmiger Gestalt; außerdem sind sie dicker und kürzer als die Stäbchen. Beide sind von äußerster Feinheit: von den Stäbchen gehen etwa 500, von den Zapfen 200 auf ein Millimeter, und da sie nun dicht gedrängt nebeneinander stehen, so bilden sie, von hinten gesehen, gleichsam einen feinen Samtüberzug über die ganze Retina. Im allgemeinen sind Stäbchen und Zapfen in einer bestimmten Anordnung, mit starkem numerischen Überwiegen der Stäbchen, untereinander gemischt; indes nach dem Zentrum der Retina hin nehmen die Zapfen erst an Zahl etwas zu und verdrängen schließlich die Stäbchen vollständig. In ihrem feineren Bau sind beide Arten von Gebilden nicht ganz homogen, sondern zeigen noch zwei scharf gegeneinander abgegrenzte Teile, ein blasses Innenglied und ein stark lichtbrechendes und glänzendes Außenglied. Bei den Stäbchen enthält das Außenglied einen purpurroten und sehr lichtempfindlichen Farbstoff, den *Sehpurpur*, durch den indes seine Durchsichtigkeit

nicht beeinträchtigt wird. Wird dieser Sehpurpur belichtet, so bleicht er verhältnismäßig schnell aus, am schnellsten durch Strahlen mittlerer Wellenlänge; unter dem Einflusse der Dunkelheit dagegen wird er allmählich regeneriert.

Die Verbindung nun zwischen den Ganglienzellen des Sehnerven und den Stäbchen- und Zapfenzellen wird durch eine mittlere Zellschicht bewerkstelligt, die *bipolaren Zellen* (Fig. 14 *e* und *f*). Sie liegen ganz in der Nähe der Sehzellenschicht, sind von spindelförmiger Gestalt und entsenden zwei Fortsätze nach entgegengesetzten Richtungen. Der eine, kurz und dick, geht nach außen zu den fadenförmigen Ausläufern der Sehzellen und löst sich an diesen federbuschartig auf. Der andere ist länger, zerfällt unter Umständen in mehrere Äste, die sich horizontal ziemlich weit ausbreiten, und endigt, gleichfalls unter büschelförmiger Auflösung, entweder direkt an dem Zellkörper einer Optikuszelle oder in dem Gewirr ihrer Protoplasmafortsätze. Ihrer Funktion nach sind diese Zellen als das Analogon eines Spinalganglions (S. 119) zu betrachten. Ihre kurzen Fortsätze zu den Sehzellen entsprechen den peripheren Hautnerven, bilden also den eigentlichen, freilich auf mikroskopische Dimensionen reduzierten peripheren Sehnerven, während die anderen, zu den Optikuszellen ziehenden Fortsätze den hinteren Wurzeln der Spinalganglien gleichwertig sind. Der allgemein sogenannte Sehnerv dagegen steht nicht mit den peripheren Haut-, Gehörs- usw. nerven auf gleicher Linie, sondern bereits mit zentraleren Gebilden, z. B. mit Faserzügen in den Hintersträngen des Rückenmarks.

Durch die Vermittelung der bipolaren Zellen werden die Elemente der beiden äußeren Netzhautschichten zu einer kontinuierlichen Längsleitung aneinander geschlossen. Dies aber nicht einfach Glied für Glied, sondern mit eigentümlichen Verschränkungen. Da die Zahl der Optikusganglienzellen viel geringer ist als die der Stäbchen, so müssen einer einzelnen Zelle immer die Erregungen mehrerer Außenelemente zufließen. Übereinstimmend hiermit findet man, daß die periphere Aufbüschelung einer einzelnen bipolaren Zelle allemal die Ausläufer mehrerer Stäbchenzellen umfaßt. Eine von der Stäbchen- und Zapfenschicht zu den Optikuszellen fortschreitende Erregung wird also immer mehr konzentriert, wie man sagen könnte. Zu gleicher Zeit findet indes auch das Umgekehrte statt. Ein einzelner Zapfenfaden steht im allgemeinen in Beziehung zu mehreren bipolaren Zellen und durch diese auch wieder zu mehreren Optikuszellen. Eine ursprünglich punktförmige Erregung muß also bei der Übertragung etwas auseinandergezogen und an mehrere Optikuszellen verteilt werden. Und eine räumlich ausgebreitete Erregung wird mithin in ihren räumlichen Verhältnissen nicht einfach übertragen, sondern zugleich in entgegengesetzten Weisen, durch Verdichtung und Ausbreitung, etwas modifiziert.

Außer den erwähnten drei Zellenarten scheinen nun namentlich noch drei weitere Gebilde für die Funktion der Retina von Bedeutung

zu sein, die indes nur kurz erwähnt werden mögen. Erstens ist für ausgiebige Wechselwirkungen aller Teile in der Richtung der Fläche der Retina, also senkrecht zu der Verbindung der Stäbchen und Zapfen mit den Optikuszellen, gesorgt. Dazu dienen die sog. *Horizontalzellen,* die der Schicht der bipolaren Zellen angehören und hier durch gewaltig ausgebreitete Horizontalverzweigungen verschiedene räumlich getrennte Retinastellen in transversale Verknüpfung bringen. Dann sind zweitens reichliche Elemente vorhanden, die durch ihren eigenen Bau sowie die Verfilzungen ihrer Fortsätze ein feinmaschiges Gerüst bilden, dem die nervösen Teile der Retina eingelagert sind, und das vielleicht auch zu ihrer Isolierung dient. Hierher gehören die *Müllerschen Fasern* (Fig. 17 *t*), deren Kerne gleichfalls in der Schicht der bipolaren Zellen liegen, die sich aber von diesen nach beiden Seiten mit mannigfachen Buchten und seitlichen Ausbreitungen durch die ganze Dicke der Retina erstrecken. Endlich drittens sind die Außenglieder der Stäbchen und Zapfen noch überdeckt von dem *Pigmentepithel,* einer einfachen Lage regelmäßig sechseckiger Elemente, die einen kristallinischen braunen Farbstoff enthalten. Bei verschiedenen Tieren (ob bei Säugetieren, ist fraglich) wandert dieses Pigment bei Belichtung des Auges zwischen den Stäbchen- und Zapfenaußengliedern allmählich nach innen und umfaßt so die Außenglieder als eine dunkle Hülle; im Ruhezustande des Auges zieht es sich langsam wieder nach außen zurück.

Die bisher beschriebene Struktur kommt der Retina in dem bei weitem größten Teil ihrer Fläche, aber doch nicht allenthalben zu: zwei Stellen zeichnen sich durch charakteristische Abweichungen aus. Die eine ist die vorhin erwähnte Papille, die Austrittsstelle des Sehnerven. Sie enthält nur Nervenfasern und Blutgefäße, von allem anderen nichts. Da sie infolgedessen selbst bei der stärksten Reizung durch Licht keine Empfindung vermittelt, so heißt sie *der blinde Fleck.* Die andere Stelle besitzt dagegen (wenigstens für das Sehen von Formen) eine besonders geschärfte Empfindlichkeit und wird daher als *Stelle des deutlichsten Sehens* bezeichnet. Sie liegt nahe dem hinteren Pol des Auges und enthält, überkleidet vom Pigmentepithel, bloß die äußerste Zellenschicht der Retina, nämlich eine Schicht von Zapfenzellen mit daransitzenden Zapfen. Eine Untermischung mit Stäbchen findet nicht mehr statt, dafür haben die Zapfen hier selbst beinahe die schlanke Form der Stäbchen angenommen, sodaß ihrer mehr als 600 auf 1 mm gehen. Der Durchmesser dieser stäbchenfreien Zone beträgt (nach den Messungen Kosters) etwa $^1/_2$ mm, was einem Gesichtswinkel von fast 2° und in einer Entfernung von 1 m vom Auge einer Kreisfläche von 33 mm entspricht. Natürlich fehlen nun die zur Fortleitung der

Erregung von der Stelle des deutlichsten Sehens erforderlichen bipolaren und Optikuszellen nicht überhaupt; sie sind nur zur Seite gerückt und strecken ihre Fortsätze von hier schräge zu der Stelle hin (wobei besonders zu bemerken ist, daß sich jeder Zapfen nur mit einer bipolaren Zelle in Verbindung setzt). Durch diese Anordnung erscheint die Stelle des deutlichsten Sehens auf der Innenseite der Netzhaut als eine kleine grubenartige Vertiefung *(fovea centralis)* mit einer relativ starken, nach außen hin sich allmählich verflachenden Umwallung (Fig. 15 *p*). Das ganze Gebiet ist gelb gefärbt *(gelber Fleck)*, übrigens nicht gleichmäßig, sondern in der Mitte stärker, nach dem Rande zu schwächer, im Gesamtdurchmesser von etwa 2 mm. Für das Sehen hat diese Pigmentierung denselben Effekt wie die Vorhaltung eines entsprechend gefärbten gelben Glases; alle Strahlen der kurzwelligen Spektrumhälfte werden also innerhalb des gelben Flecks etwas dunkler wahrgenommen als außerhalb.

Wie die Tatsache schon erkennen läßt, daß an der Stelle des schärfsten Sehens alle Retinaelemente außer den Zapfenzellen und Zapfen zurücktreten, müssen diese für das Sehen eine besondere Bedeutung besitzen. In der Tat kann die Schicht der Zapfen (sowie der anderwärts mit ihnen untermischt stehenden Stäbchen) mit Sicherheit als der Ort bezeichnet werden, wo die zum Zustandekommen der Gesichtswahrnehmungen führenden nervösen Prozesse zuerst eingeleitet werden, wo also die Umwandlung der Ätheroszillationen in eine andere Form der Energie vor sich geht. Der beste Beweis hierfür liegt darin, daß auf der Stelle des deutlichsten Sehens die kleinste Distanz zweier Netzhautpunkte, deren Reizung uns noch eben in räumlich getrennten Empfindungen zum Bewußtsein kommt, merklich von derselben Größenordnung ist, wie die Entfernung zweier Zapfen voneinander. Unter günstigen Umständen vermögen scharfe Augen zwei feine Objekte noch als getrennt zu erkennen, wenn ihr Abstand voneinander unter einem Gesichtswinkel von etwa einer Minute erscheint. Dem entspricht auf der Netzhaut eine Entfernung der zugehörigen Bildpunkte von etwa $^1/_{230}$ mm. Die Entfernung von Zapfenmitte zu Zapfenmitte beträgt nach dem vorhin Erwähnten $^1/_{600}$ mm; d. h. die für die optische Leistung der Fovea charakteristische Zahl ist etwas über doppelt so groß wie die für die Struktur der Zapfenschicht charakteristische. Daß keine völlige Übereinstimmung stattfindet, kann nicht wundernehmen, denn selbst unter den günstigsten Umständen wird die Schärfe von Bildpunkten auf der Netzhaut immer etwas durch Zerstreuung von Licht beeinträchtigt. Außerdem ist für die Sonderung der Eindrücke vermutlich erforderlich, daß die gereizten Netzhautpunkte mindestens durch einen nicht gereizten Zapfen getrennt sind.

Von der näheren Beschaffenheit der in der Stäbchen- und Zapfenschicht sowie überhaupt in der Retina beim Sehen sich abspielenden Prozesse ist begreiflicherweise direkter Beobachtung nur wenig zugänglich. Zwei dahingehörige Tatsachen sind bereits berührt worden: das Wandern der Pigmentkristalle des Pigmentepithels unter dem Einfluß des Lichtes und die Zersetzung des Sehpurpurs. Bekannt ist noch einiges andere: z. B. Quellungen der Stäbchen unter dem Einfluß starken Lichtes, elektromotorische Vorgänge in der belichteten Retina u. a. In der Hauptsache jedoch beruht das, was wir über die Funktion der Retina noch etwa sagen können, auf Vermutungen, d. h. auf Rückschlüssen aus den durch sie vermittelten Empfindungen, und kann uns daher erst nach deren Behandlung beschäftigen.

Erwähnt möge noch werden, wie bei gegebenen äußeren Objektpunkten die zugehörigen Bildpunkte auf der Netzhaut zu finden sind. Hat man es nur mit einer einzigen das Licht brechenden Kugelfläche zu tun, so ist eine solche Bestimmung bekanntlich sehr einfach. Die durch den Mittelpunkt der Kugel gehenden Strahlen werden überhaupt nicht gebrochen, und das Bild jedes Punktes liegt daher stets in der Richtung derjenigen Geraden, die ihn mit dem Krümmungsmittelpunkt verbindet. Man nennt diese Geraden *Richtungslinien* und den Krümmungsmittelpunkt, in dem sie sich alle schneiden, *Knotenpunkt*. Erfolgt die Brechung an mehreren Kugelflächen (mit derselben optischen Achse) hintereinander, so gibt es keinen einfachen Knotenpunkt mehr. Aber es existieren dann allemal zwei Punkte, die sich zusammen sozusagen in seine Eigenschaften teilen und daher gleichfalls Knotenpunkte heißen. Jeder Strahl, der vor der ersten Brechung auf den ersten Knotenpunkt hin gerichtet ist, verläuft nach der letzten Brechung parallel seiner ursprünglichen Richtung und so, als ob er von dem zweiten Knotenpunkt herkäme. Um also die Richtung zu finden, in der das Bild eines objektiven Punktes zu suchen ist, verbindet man ihn mit dem ersten Knotenpunkt und zieht zu dieser Linie durch den zweiten eine Parallele. Die Knotenpunkte des Auges liegen kurz vor der Hinterfläche der Linse, weniger als $1/2$ mm voneinander entfernt (Fig. 15 *K*). Für alle praktischen Zwecke betrachtet man sie daher als in einen Punkt zusammenfallend und nimmt dessen Entfernung von der Netzhaut zu rund 15 mm an. Und die Lage und Größe eines Netzhautbildes berechnet oder konstruiert man demnach so, daß man verschiedene Punkte des betreffenden objektiven Gegenstandes mit dem Knotenpunkt des Auges verbindet und diese Linien, die wiederum Richtungslinien genannt werden, bis zur Netzhaut verlängert. Die Richtungslinie, welche durch die Fovea geht, trifft in der Außenwelt auf den Punkt, der gerade mit größter Deutlichkeit gesehen wird, und heißt *Gesichtslinie*. Sie fällt nicht zusammen mit der optischen Achse des Auges, sondern weicht etwas nach innen von dieser ab (bei Betrachtung des Himmels durchschnittlich um etwa 8 Vollmondbreiten). Den von den Richtungslinien zweier objektiven Punkte eingeschlossenen Winkel nennt man den *Gesichtswinkel* der beiden Punkte.

§ 14. Die Licht- und Farbenempfindungen.[1]

1. Allgemeine Charakterisierung. Die Psychologie der Farben ist vielfach verwirrt worden durch die Hereinziehung physikalischen, physiologischen und selbst technischen Wissens. Wir sehen zunächst einmal ab von allen solchen an sich sehr wichtigen und interessanten Dingen und beschränken uns rein auf die Herausstellung dessen, was man den Farben durch aufmerksame Betrachtung und Vergleichung unmittelbar ansehen kann. Es bleibt dann freilich nur weniges zu sagen übrig; allein ohne eine klare Vorstellung von diesem Wenigen kann man doch auch von dem sonst noch Wissenswerten kein rechtes Verständnis gewinnen.

Man denke sich die ganze Fülle der für einen bestimmten Zustand des Auges überhaupt unterscheidbaren Farbentöne auf irgend eine Weise verwirklicht. Wie groß ihre Anzahl wohl sein mag, läßt sich nicht genau angeben; bei einigermaßen günstigen Bedingungen des Unterscheidens wird sie selbst nach mäßiger Schätzung auf viele Hunderttausende zu veranschlagen sein. Indes die einzelnen Glieder dieser reichen Mannigfaltigkeit bilden nun nicht etwa eine zusammenhanglose und nicht recht zu übersehende Masse, wie beispielsweise die Geruchsempfindungen, sondern sie stehen alle zueinander in bestimmten Verhältnissen näherer und entfernterer Verwandtschaft und konstituieren in ihrer Gesamtheit ein geordnetes Reich von einer charakteristischen inneren Gliederung. Um diese kennen zu lernen, gehen wir schrittweise vor.

Schon die Praxis des täglichen Lebens teilt die Gesamtheit der vorkommenden Farbenempfindungen in zwei Gruppen von verschiedener Reichhaltigkeit; sie unterscheidet die Farben im engeren Sinne oder *bunten* Farben, wie Rot, Blau, Grün, von den *neutralen* Farben Weiß, Grau, Schwarz, die eben nicht als „eigentliche" Farben gerechnet werden. Man denke sich nun die sämtlichen Glieder dieser zweiten Gruppe herausgegriffen und nach ihrer Ähnlichkeit geordnet, so daß also jede einzelne Nüance unmittelbar denjenigen anderen zugeordnet wird, die nur eben noch von ihr unterschieden werden können, die ihr also am allerähnlichsten sind. Dann entsteht offenbar eine eingliederige Reihe, die vom tiefsten Schwarz in lauter ebenmerklichen Stufen durch hellere Töne Schwarz, dann durch Dunkel-

[1] E. Hering, Zur Lehre vom Lichtsinn. Sechs Mitteilungen an die kaiserl. Akad. usw. (1878) § 21 f. und § 38 ff. G. E. Müller, Zur Psychophysik der Gesichtsempfindungen. Zeitschr. für Psychologie usw .10 § 7 ff. 1896. v. Kries, Die Gesichtsempfindungen und ihre psychologische Ordnung; in der S. 181 Anm. genannten Darstellung S. 132.

grau, Mittelgrau, Hellgrau allmählich hinüberführt zu hellem und blendendstem Weiß. Charakteristisch für diese Reihe ist zweierlei: erstens hat sie zwei Enden, Weiß und Schwarz, die stärker voneinander verschieden sind als irgend zwei andere ihr angehörige Glieder, und zweitens ist die Art der Änderung, die man beim Durchlaufen der Reihe bemerkt, der Charakter des Übergangs von irgend einem Gliede zu dem nächstfolgenden überall derselbe. Jedes Glied besitzt zu gleicher Zeit eine gewisse Ähnlichkeit mit den beiden Endgliedern Weiß und Schwarz, und beim Durchlaufen der Reihe nimmt von diesen Ähnlichkeiten die eine in einem bestimmten Maße zu und gleichzeitig die andere in demselben Maße ab. An und für sich ist die Reihe nichts Räumliches, sondern ein ideelles Gebilde. Man kann sie indes unter Wahrung ihrer charakteristischen Eigenschaften durch ein räumliches Schema repräsentieren, und zwar durch eine begrenzte gerade Linie. Die Gleichartigkeit der Änderung beim Durchlaufen der Reihe wird vollkommen wiedergegeben durch die konstante Richtung der Geraden. Werden nun verschiedene aufeinander folgende neutrale Farbentöne dargestellt durch verschiedene aufeinander folgende Punkte der Linie, die je durch kleine und stets gleiche Strecken voneinander getrennt sind, so entspricht auch jeder bestimmten Anzahl ebenmerklicher Zwischenstufen eine bestimmte Strecke der Linie. Auf diese Weise aber kommen alle eigentümlichen Verhältnisse der Farbenreihe in dem Schema in adäquater Weise zum Ausdruck.

Behufs Betrachtung der bunten Farben sondern wir abermals und greifen aus ihnen zunächst diejenigen heraus, die den Charakter der Buntheit im höchsten und prägnantesten Maße zeigen, die sogenannten *satten* Farben, wie sie z. B. durch die Zerstreuung des Lichtes in Glasprismen und Diamanten oder in der Technik durch das Sammetgewebe geliefert werden. Um auch sie ihren unmittelbar anschaulichen Verwandtschaftsverhältnissen gemäß zu ordnen, können wir uns an ein gewöhnliches Spektrum halten. Von dem Rot am äußersten langwelligen Ende des Spektrums gelangen wir durch lauter eben unterscheidbare Zwischenstufen über Gelb, Grün und Blau zu dem Violett am äußersten kurzwelligen Ende. Hier indes befinden wir uns, was den unmittelbaren Eindruck anlangt, nicht bei einer von dem Rot maximal verschiedenen, sondern im Gegenteil wieder bei einer ihm nahestehenden Farbe. Violett ist eine dem Rot ziemlich ähnliche, eine rötliche Farbe; durch Einfügung einer mäßig großen Anzahl von purpur- und karmoisinroten Tönen werden wir vollständig zu unserem Ausgangsrot zurückgeführt. Eine andere, den Verwandtschaftsverhältnissen der satten Farben Rechnung tragende Anordnung aber, als sie das Spektrum darstellt, wenn man sich seine

beiden Enden zusammengebogen denkt, ist uns unmöglich. Von Rot gibt es keinen anderen, durch ebenmerkliche Zwischenstufen s a t t e r F a r b e n fortschreitenden Übergang zu Grün als einerseits durch Orange und Gelb, andererseits durch Violett und Blau. Die Gesamtheit der satten Farben bildet somit eine in sich zurückkehrende, geschlossene Reihe.

Dazu ist indes noch zweierlei zu bemerken. Eine bestimmte Anzahl eben voneinander unterscheidbarer Farbentöne nimmt in einem Spektrum keineswegs immer den gleichen Raum ein. An einzelnen Stellen, wie z. B. im Gelb und im Blaugrün, drängt sich auf kurzer Strecke eine relativ große Zahl verschiedener Farbentöne zusammen; an anderen Stellen dagegen, so im Rot, Blau und Violett, findet innerhalb einer längeren Raumstrecke kaum ein einziger erkennbarer Wechsel des Farbentons statt. Zwischen der psychologischen Verwandtschaft der Farben (d. h. zwischen ihrer Ähnlichkeit und Verschiedenheit) einerseits und ihrer Raumerfüllung in irgend einem Spektrum andererseits besteht gar keine erkennbare Beziehung. Eine Anordnung also, die jenes erste, das Psychologische, zum Ausdruck bringen will, kann sich zwar hinsichtlich der allgemeinen Reihenfolge der Farben an das Spektrum halten, muß sich aber hinsichtlich der bestimmten Stelle, die sie den einzelnen Farbentönen zuweist, ganz und gar von diesem emanzipieren.

Wichtiger ist die zweite Bemerkung: sie betrifft den Charakter der Änderungen beim Durchlaufen der Farben in ihrer natürlichen Reihenfolge. Geht man von Rot durch Zinnoberrot, Orange, Goldgelb zu Gelb, so ist der hierbei empfundene Wechsel — ganz ähnlich wie beim Durchlaufen der neutralen Farben — seiner allgemeinen Beschaffenheit nach stets der gleiche. Wir haben zwei Endglieder, Rot und Gelb, und zahlreiche Zwischenglieder, die gleichzeitig mit jenen beiden eine gewisse Ähnlichkeit haben. Sie haben sowohl etwas Rötliches wie etwas Gelbliches an sich, und indem wir durch sie hindurch passieren, nimmt die eine dieser Ähnlichkeiten zu und die andere in gleichem Maße ab. Sind wir bei dem Gelb angelangt und gehen weiter darüber hinaus, so ändert sich das. Die Ähnlichkeit mit dem Rot hört völlig auf und an ihre Stelle tritt etwas Neues, wovon vorher noch nichts zu bemerken war, nämlich eine Ähnlichkeit mit Grün. In dem Gelb wird also bei dem Durchlaufen der Farbenreihe eine ausgezeichnete Stelle passiert. In den gelbroten Farbentönen vor ihm und den gelbgrünen hinter ihm sind die Übergänge zwischen den einzelnen Farbentönen jederseits gleichartig; dort allmähliche Annäherung an Gelb und Entfernung von Rot, ohne ein Vorhandensein von Grünlichkeit, hier allmähliche Annäherung an Grün und Entfernung von Gelb, ohne ein Vorhandensein von Röt-

lichkeit. In dem Gelb selbst dagegen findet ein Umschlag statt, ein Richtungswechsel sozusagen in dem Charakter der Übergänge. Solcher ausgezeichneten Stellen gibt es im ganzen vier innerhalb der Reihe der satten Farben, nämlich außer im Gelb noch im Grün, Blau und Rot. An welchen bestimmten Farbentönen gerade jedesmal der Umschlag stattfindet, können wir nicht genau sagen. Wir schwanken innerhalb eines gewissen Gebietes, wenn wir angeben sollen, welches bestimmte Gelb oder Blau gerade weder rötlich noch grünlich, welches Rot weder bläulich noch gelblich aussehe. Im ganzen aber ist unser unmittelbares Empfinden durchaus im klaren darüber, daß innerhalb relativ kleiner Strecken solche Umschlagsstellen wirklich liegen. Ähnlich ist es ja, wenn wir z. B. zwei bunte Farben durch Weiß oder Grau ineinander überführen sollen. Niemand wird zweifeln, daß hier das Empfinden mit der Erreichung des Weiß eine eigenartige und sich auszeichnende Stelle passiert, insofern hier die eine Färbung völlig aufhört und die andere eben noch nicht begonnen hat. Gleichwohl sind wir ziemlich unsicher, wenn wir ein bestimmtes Weiß oder Grau bezeichnen sollen, das weder bläulich, noch rötlich, noch gelblich usw., sondern vollkommen neutral sei.

Auf den besonderen Charakter jener vier ausgezeichneten Farben soll sogleich noch näher eingegangen werden; einstweilen verfolgen wir die Anordnung der Farben weiter. Um die in sich geschlossene Reihe der satten Farben durch ein räumliches Schema darzustellen, kann nach dem Gesagten nicht etwa eine Kreislinie Verwendung finden, sondern nur eine Linie mit vier Ecken. Diese repräsentieren die vier *Hauptfarben* Rot, Gelb, Grün, Blau. Die Verbindungsstücke zwischen den Ecken können geradlinig gewählt werden. Ihre relativen Längen hängen davon ab, wieviel eben unterscheidbare Farbentöne für bestimmte Umstände zwischen Rot und Gelb, Gelb und Grün usw. gezählt werden können. Da das nicht genügend bekannt ist, bleibt die Größe jener Verbindungslinien einstweilen unbestimmt. Für die Winkel, unter denen sie zusammenstoßen, gilt dasselbe. Sie werden bestimmt durch die Anzahl ebenmerklicher Zwischenstufen zwischen je zwei gegenüberliegenden Hauptfarben (Rot und Grün, Blau und Gelb), wenn der Übergang nicht durch satte Farben, sondern auf dem direktesten Wege vor sich geht; diese Anzahl ist aber ebenfalls unbekannt. Trotz solcher Unbestimmtheiten wollen wir indes von der Repräsentation der satten Farben durch eine Viereckslinie gelegentlich Gebrauch machen und der Einfachheit halber nur annehmen, daß das Viereck in einer Ebene liegt. Um der Unsicherheit in der konkreten Bestimmung der Hauptfarben Ausdruck zu geben, mögen die Ecken außerdem abgerundet werden.

Wenn wir nun die beiden gewonnenen Schemata, die gerade Linie der neutralen und die Viereckslinie der satten Farben, entsprechend wiederum der zwischen ihren Gliedern bestehenden Verwandtschaft weiter vereinigen, so gewinnen wir das Mittel, um auch alle übrigen Farben sachgemäß unterzubringen. Wir denken uns die Linie der neutralen Farben als vertikale Achse und das Viereck der satten Farben um sie herumgelegt. Da offenbar die Farbe Gelb dem Weiß näher steht als alle anderen Farben und ebenso Blau dem Schwarz, so ist die Ebene des Vierecks nicht senkrecht zur Weiß-Schwarzachse zu legen, sondern schräge, so daß die Gelbecke dem Weiß, die Blauecke dem Schwarz am nächsten kommt, während sich Rot und Grün in der Höhe der mittleren grauen Töne befinden. Werden dann sämtliche Punkte der Viereckslinie mit Weiß und Schwarz durch leicht abgerundete gerade Linien verbunden, so entsteht ein unregelmäßig oktaëdrischer Körper, wie ihn Fig. 18 darstellt, und in diesem finden nun alle sonst noch existierenden und überhaupt nur denkbaren Farben eine ihren Ähnlichkeitsbeziehungen zueinander entsprechende Stelle.

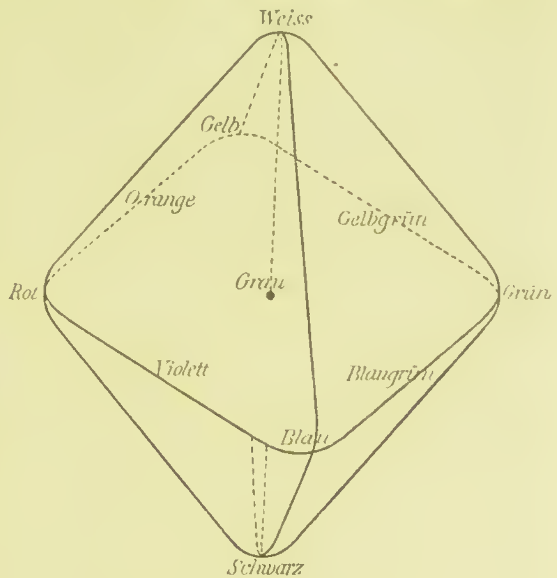


Fig. 18. Farbenoktaëder.

Die Oberfläche des Körpers repräsentiert die relativ sattesten Farbentöne, die wir nächst den Spektralfarben noch herstellen oder ersinnen können. Und zwar auf der den Weißpol einschließenden Hälfte die helleren satten Töne, wie Rosa, Himmelblau, Lila, auf der den Schwarzpol einschließenden die dunkleren, Bordeauxrot, Marineblau, sattes Braun. Dabei liegt jede einzelne Farbe auf der Geraden, welche die ihr ähnlichste Spektralfarbe mit Weiß oder Schwarz verbindet, und in derjenigen Höhe, welche das ihr an Helligkeit ähnlichste Grau auf der Weiß-Schwarzachse einnimmt. Das ganze Innere des Oktaëders wird von den minder satten, den sogenannten *stumpfen* Farben ausgefüllt, die, verglichen mit den Spektralfarben, alle einen mehr oder minder grauen Charakter zeigen, wie Ziegelrot, Lehmgelb, Blond, Olivengrün, Aktendeckelblau, Schieferblau usw. Der Oberfläche zunächst liegen die relativ satteren von diesen Farben, der

Achse zunächst die grauen, die nur einen kleinen Stich ins Farbige erkennen lassen; in der Nähe des Weißpols wieder die helleren, in der Nähe des Schwarzpols die dunkleren Töne. Im einzelnen wird die Lage jeder Farbe wieder durch die ihr ähnlichste Spektralfarbe und das ihr ähnlichste Grau bestimmt. Jede Farbe liegt in der Vertikalebene, die zugleich durch die ihr im Ton ähnlichste Spektralfarbe und die Weiß-Schwarzachse hindurchgeht, und auf der Horizontalebene, in deren Mitte sich das ihr an Helligkeit ähnlichste Grau befindet; diesem Grau näher oder ferner, je nachdem sie stumpfer oder satter ist. Kurz, in unserem räumlichen Schema findet jede erdenkliche Farbe einen bestimmten, sie repräsentierenden Ort, dessen Lage zugleich angibt, wie sie sich nach Ähnlichkeit und Verschiedenheit für den unmittelbaren Eindruck zu allen anderen verhält. Das Schema liefert eine anschauliche, und zugleich, wie die Mathematik sagt, *konforme Abbildung* des ganzen Reichtums der Farbenwelt (ähnlich wie eine Karte Merkatorscher Projektion die kugelförmige Erdoberfläche konform abbildet).

Dadurch leistet es nun noch etwas Weiteres. Es gibt eine unmittelbare Darstellung der beiden wesentlichen Eigentümlichkeiten, die der Farbenwelt im ganzen zukommen, und durch deren Vereinigung sie sich von fast allen anderen Empfindungsarten unterscheidet. Die gesamte Fülle aller Farben bildet erstens eine kontinuierliche Mannigfaltigkeit. D. h. man kann von jeder beliebigen Farbe auf zahlreiche Weisen durch Zwischenglieder, von denen je zwei benachbarte gar nicht mehr voneinander unterschieden werden können, zu jeder anderen Farbe überführen, wobei aber zugleich die Mittelglieder einer solchen Übergangsreihe nicht etwa als bloße Mischungen aus den Endgliedern, sondern als etwas ebenso Einfaches und Elementares wie diese empfunden werden. Auf anderen Sinnesgebieten ist das vielfach anders; entweder es bestehen überhaupt keine Mittelglieder, oder diese stellen sich lediglich als Mischungen dar. Wenn man z. B. von dem Salzgeschmack auf dem kürzesten Wege allmählich zu dem Zuckergeschmack überleitet, wird man in den Zwischengliedern unschwer gleichzeitig Salziges und Süßes erkennen. Diese Kontinuität des Farbenreiches kommt in unserem Schema dadurch zum Ausdruck, daß man von jedem Punkt des Oktaëders zu jedem anderen auf beliebig viele Weisen kontinuierlich übergehen kann.

Die kontinuierliche Mannigfaltigkeit der Farben ist zweitens eine dreidimensionale, d. h. man kann jede beliebige Farbe im Vergleich mit jeder anderen durch drei voneinander unabhängige Angaben unzweideutig charakterisieren. Das wird für die unmittelbare Anschauung dadurch ausgedrückt, daß die konforme Abbildung unseres

Schemas gerade eine körperlich räumliche ist. Auf der Oberfläche eines Körpers kann man bekanntlich jeden Punkt in bezug auf jeden anderen der Lage nach bekannten Punkt durch zwei Angaben unzweideutig bestimmen, wie z. B. auf der Erdoberfläche durch Angabe des Längen- und des Breitenunterschiedes. Sollen auch die Punkte im Inneren des Körpers berücksichtigt werden, so muß noch ein drittes Bestimmungsstück hinzukommen, bei der Erde also z. B. die kürzeste Entfernung von der Achse. Ebendas nun gilt von den Farben. Die drei zur Definition jeder einzelnen von ihnen notwendigen und hinreichenden Bestimmungsstücke führen folgende Namen: a) Den Meridianebenen der Erdkugel entspricht der *Farbenton*, die Angabe, ob eine Farbe rot oder blau, zitronengelb oder goldgelb ist. Denkt man sich in unserem Oktaëder durch den Ort irgend einer Spektralfarbe einen Vertikalschnitt bis gerade an die Weiß-Schwarzachse geführt, so liegen auf der Schnittfläche sämtliche existierenden Farben von einerlei Ton, z. B. sämtliche ultramarinblaue Farben in allen Sättigungsgraden und Schattierungen. b) Den Breitenebenen der Erdkugel entspricht die *Helligkeit* der Farben, die Angabe, ob eine Farbe, ohne Rücksicht auf ihre Sättigung und ihren Ton, einem helleren oder dunkleren Grau ähnlich sieht. Durchschneidet man das Farbenoktaëder irgendwo senkrecht zur Weiß-Schwarzachse, so legt man Farben bloß von allen Sättigungsgraden und Farbentönen, aber von einerlei Helligkeit.[1] c) Der Entfernung von der Achse endlich bei der Erde und in unserem Schema entspricht die *Sättigung* der Farben, die größere oder geringere Verschiedenheit von dem neutralen Charakter der grauen Farben. Um in dem Oktaëder Farben desselben Sättigungsgrades zu erhalten, muß man es sich gewissermaßen geschält denken, und zwar mit einem Messer, das parallel der Weiß-Schwarzachse und jedesmal in einer bestimmten Entfernung von dieser herumgeführt wird.

Die konkrete Angabe der Farbenton-, Sättigungs- und Helligkeits-

---

[1] Der Begriff der Helligkeit einer bunten Farbe stößt bisweilen auf Schwierigkeiten; man versteht nicht recht, was gemeint ist, weil die Anschauung fehlt. Um diese zu gewinnen, ist es zweckmäßig, sich eine größere Anzahl von verschieden hellen neutralgrauen Farben zu verschaffen, diese nach ihrer Helligkeit zu ordnen und irgend eine bunte Farbe nacheinander mit den einzelnen zu vergleichen. Man erkennt dann ohne weiteres, wie das Bunte an dem einen Ende der Reihe als ein Helleres, an dem anderen als ein Dunkleres von den grauen Hintergründen absticht, und findet unschwer eine mittlere Gegend, in der ein Abstechen hinsichtlich der Helligkeit gar nicht mehr stattfindet. Auf diese Weise kann auch eine ziemlich genaue konkrete Bestimmung der Helligkeit einer Farbe gegeben werden, die sonst schwierig und unsicher ist. Es müssen dazu nur in der Gegend geringsten Abstechens die verschiedenen Grau genügend zahlreich sein und in ihren Helligkeiten nahe aneinander liegen. (S. auch S. 260 Anm.)

unterschiede, die zwischen einer beliebigen Farbe und irgend welchen anderen, als gegeben angenommenen, bestehen, kann man sich durch Abzählung der ebenmerklichen Zwischenstufen in jenen drei Hinsichten verwirklicht denken. Man kann auch Stufen von beliebig größerer Merklichkeit wählen (S. 82), nur müssen diese dann, um vergleichbar zu sein, alle denselben Grad der Merklichkeit besitzen. Die tatsächliche Verwirklichung solcher Bestimmungen ist schwierig und praktisch von geringer Bedeutung. Im täglichen Leben hilft man sich daher durch ganz allgemeine und vage Angaben von viel oder wenig. Indes für die Idee der Sache ist das gleichgültig. Begrifflich sind alle Bestimmungen, auf die es ankommt, vollständig klar und unzweideutig; sie lassen sich auch alle realisieren, wenn man sich nur die nötige Zeit und Mühe nimmt. Für unsere Einsicht in die innere Konstitution des Farbenreiches ist das hinreichend.

2. Grundfarben und Mischfarben. Über die sechs Hauptfarben, die nach dem Obigen in unserem Empfinden eine ausgezeichnete Stelle einnehmen, also über Weiß und Schwarz, Rot, Gelb, Grün und Blau, ist noch einiges zu sagen übrig. Sie werden mehrfach wohl als Grundfarben[1] oder einfache Farben bezeichnet, denen die Gesamtheit der übrigen als zusammengesetzte oder Mischfarben gegenüberstehe. Sie sollen sich, wie diese Namen anzeigen, der unmittelbaren Empfindung ohne weiteres als etwas Einfaches und Fundamentales darstellen, während man die übrigen Farben, ebenfalls ohne weiteres, als aus jenen zusammengesetzt, mehrere von ihnen in

[1] Bei dem Gebrauch dieses Wortes ist natürlich lediglich an etwas psychisch Fundamentales zu denken und zu beachten, daß der gleiche Terminus in anderem Zusammenhange auch in ganz anderer Bedeutung gebraucht wird. Der Physiologe versteht unter Grundfarben solche Farben, die nach seiner Ansicht durch einfache, nicht zusammengesetzte nervöse Prozesse zustande kommen. Die Grundfarben wechseln hier also mit den Theorien und sind etwas, was sich in der unmittelbaren Empfindung nicht notwendig als etwas Besonderes zu verraten braucht. Näheres darüber § 22. Spricht man dem Maler von Grundfarben, so denkt er unweigerlich an Weiß, Rot, Gelb und Blau, weil er diese mindestens nötig hat, um auf seiner Palette eine große Anzahl von anderen zu mischen. Wie man Grün zu den Grundfarben rechnen könne, da es sich doch vortrefflich aus Gelb und Blau durch Mischung gewinnen läßt, ist ihm in der Regel unverständlich, was bekanntlich sogar Goethe begegnete. Mischt man nicht Pigmente, sondern Spektralfarben, so sind Rot, Grün und ein bläuliches Violett erforderlich, um alle anderen Farben (wenigstens dem Ton nach) durch Mischung herzustellen (S. 228); im physikalischen Sinne werden daher diese drei als Grundfarben bezeichnet. Um Mißverständnisse zu verhüten, empfiehlt es sich offenbar, das vieldeutige Wort zu vermeiden und die Grundfarben im psychologischen Sinne, wie oben geschehen, als Hauptfarben zu bezeichnen.

sich enthaltend erkenne. Als weiteren Beleg hierfür führt man gern die Sprache an, die in der Tat, nicht nur bei uns, sondern bei zahlreichen Völkern, für jene sechs Farben einfache, nicht mehr an den Ursprung erinnernde Namen hat, während sie sonst entweder die einfachen Farbennamen zusammensetzt (Gelbgrün, Blaugrün) oder zur Bezeichnung der Farbe an bekannte Naturkörper erinnert, die sie tragen (Orange, Violett, Olivengrün, Lachsfarben).

Daß die genannten Farben für die unmittelbare Empfindung in einem Gegensatz zu den übrigen stehen, wurde genügend hervorgehoben. Allein diesen Gegensatz als einen solchen der Einfachheit und Zusammengesetztheit aufzufassen, ist entschieden irrig; die Berufung auf die Sprache ferner zum Erweise der vorhandenen Besonderheit ist nicht durchschlagend genug.

Was zunächst das erste betrifft, so wird niemand, der nicht zufällig weiß, daß die Farbe der Apfelsine durch Mischung roter und gelber Pigmente dargestellt werden kann, durch bloße psychologische Analyse auf den Glauben kommen, aus ihr gleichzeitig Rot und Gelb herauszusehen, in ähnlicher Weise etwa, wie er aus dem Geschmack der Frucht allerdings gleichzeitig Säuerliches und Süßes herauszuschmecken vermag. Die Farben des Grünspans oder des Veilchens machen, lediglich als psychische Inhalte betrachtet, in bezug auf Einfachheit und Zusammengesetztheit schlechterdings keinen anderen Eindruck als die der Kornblume und des Blutes. Was hier wirklich vorliegt, ist allein die Tatsache, die vorhin zur Anordnung der Farben benutzt wurde: jede Farbe zeigt gleichzeitig nach verschiedenen Seiten hin Ähnlichkeiten mit anderen Farben, sie erinnert an mehrere andere. Orange ist gleichzeitig sowohl dem Rot ähnlich wie dem Gelb; mit beiden wird es, von weitem gesehen, gelegentlich verwechselt, eben wegen jener Ähnlichkeiten. Die Farbe des Veilchens erinnert gleichzeitig an Rot und an Blau, die Grünspanfarbe gleichzeitig an Blau und an Grün. Aber an anderes erinnern und sich aus anderem zusammensetzen sind verschiedene Dinge. Der Unterschied ist namentlich bei Tönen deutlich, wo beide Verhältnisse vorkommen. Der Ton *d* hat unleugbar, hinsichtlich seiner Höhe, eine gewisse Ähnlichkeit mit *c* und *e*, seinen beiderseitigen Nachbarn. Aber er ist sehr verschieden von dem Akkord *c—e*, der sich aus diesen Nachbarn zusammensetzt. Die Farben nun, müssen wir behaupten, werden keineswegs in der Art von Akkorden empfunden, als Gemische, die man durch aufmerksame Analyse in mehrere Elemente auflösen könnte. Sie sind allesamt für das unmittelbare Bewußtsein unzerlegbar einfache Gebilde. Wo die gegenteilige Behauptung auftritt, beruht sie auf der unwillkürlichen Hineintragung anderweitiger Erfahrungen,

etwa von dem Zustandekommen der Farben durch Mischung von Pigmenten. Denn allerdings kann eine Farbe vielfach durch Mischung aus ebensolchen gewonnen werden, denen sie hervorragend ähnlich ist. Und wie man nun unter Umständen glaubt, einem Gegenstande unmittelbar anzusehen, ob er leicht oder schwer sei, so mag man auch hier wohl in einer Farbe ohne weiteres die Komponenten zu erkennen meinen, die technisch zu ihrer Herstellung verbraucht wurden. Jedoch das ist nicht mehr ursprüngliches Empfinden, sondern ein Nachklang anderswo erworbenen Wissens.

Ebensowenig aber wie der Unterschied der Hauptfarben von den Nebenfarben in dem Gegensatz von Einfachheit und Zusammengesetztheit gesucht werden darf, liegt er darin, daß nur etwa bei den Nebenfarben jene eben erwähnte zweiseitige Ähnlichkeit vorhanden sei, bei den Hauptfarben nicht. Sondern auch hierin verhalten sich alle Farben gleich. Wie Orange gleichzeitig dem Rot und Gelb ähnlich ist, so Gelb gleichzeitig dem Orange und Gelbgrün, überhaupt allen gelbroten Tönen einerseits, allen gelbgrünen andererseits, ebenso Blau gleichzeitig dem Blaugrün und Violett. Nur wenn man, wie oben auseinandergesetzt (und zuerst von G. E. Müller hervorgehoben), mehrere ähnliche Farben nacheinander durchläuft, empfindet man deutlich die ausgezeichnete Stellung der Hauptfarben durch den hier stattfindenden Richtungswechsel der Ähnlichkeiten. Vielleicht spielen für das Bewußtsein des Unterschiedes noch andere Momente mit, indes eine Formulierung für sie ist jedenfalls noch nicht gelungen.

Daß der besondere Charakter der Hauptfarben für das Bewußtsein auch bei der Entwickelung der Farbennamen von Bedeutung gewesen ist, um zu dem zweiten obenerwähnten Punkt überzugehen, ist nicht zu bezweifeln. Allein, wenn es sich darum handelt, jenen Sondercharakter der Hauptfarben, der noch mehrfach bestritten wird, überhaupt erst zur Anerkennung zu bringen, möchte ich der Einfachheit ihrer Farbennamen nicht zuviel Gewicht beilegen. Die Empfindungsbezeichnungen der Sprache sind natürlich im Anschluß an die Eigenart der bewußten Erlebnisse ausgebildet worden, aber doch nicht etwa bloß mit Rücksicht auf sie, sozusagen im theoretischen Interesse der getreuen Wiedergabe des Empfundenen; sie dienen vor allem auch dem praktischen Bedürfnis. Und im einzelnen Falle wird sich schwer sondern lassen, wieviel von irgend einer Nomenklatur auf Rechnung des einen oder des anderen Faktors zu setzen ist.

Die Sprache dient der Mitteilung, und wo sie daher aus einer größeren Mannigfaltigkeit von Dingen einzelne herausgreift, um sie durch Namen auszuzeichnen, wird sie vermutlich das für eine Mitteilung am meisten in Betracht kommende auswählen. Das ist einerseits das

relativ Häufige und Alltägliche, das, wovon man immerfort zu sprechen Veranlassung hat, und andererseits das Frappierende und Eindrucksvolle, das besonders Auffallende. Solche Gesichtspunkte sind augenscheinlich bei den Farbenbezeichnungen der indogermanischen Völker mitbestimmend gewesen. Hell und Dunkel, die Farben des großen und alltäglichen Gegensatzes von Tag und Nacht, werden sehr früh benannt. Braun, die Farbe des Rauchs und des Erdbodens, und Grau, die Farbe der Steine, des Nebels und des Alters, erringen sich einfache Farbennamen, obwohl niemand daran denken wird, auch ihnen einen irgendwie fundamentalen Charakter für das unmittelbare Bewußtsein zuzuschreiben. Von den Farben im engeren Sinne bringt es, wiederum sehr früh, Rot zu einer besonderen Bezeichnung; ohne Zweifel an sich schon die eindrucksvollste Farbe der ganzen Natur, wie das Verhalten mancher Tiere zeigt, und nun für den Menschen noch besonders bedeutend als die schreckensvolle Farbe des „roten Hahns“ und des „roten Saftes“.

Außerdem muß die Sprache, um nicht Verwirrung zu wecken sondern Verständnis, einfach sein. Sie ist gezwungen, die empfundenen Unterschiede bald zu verwischen, bald zu übertreiben, und die Dinge möglichst auf wenige, allgemein bekannte und vor Verwechselungen geschützte Typen zurückzuführen. So nennt sie Weißwein etwas, was nicht weiß, und Schwarzbrot etwas, was nicht schwarz ist. Sie läßt den Menschen kreidebleich vor Angst und grün vor Ärger werden, wo doch nur mäßig große Verschiedenheiten des Aussehens vorliegen, und bedient sich andererseits bei so weit auseinanderliegenden Dingen, wie dem roten Wein und dem roten Golde, desselben Farbennamens. An sich wäre es wohl möglich, daß, nach vorangegangener Fixierung eines eigenen Wortes für Rot, sich die weitere Auszeichnung von Gelb, Grün und Blau durch besondere Namen rein aus der praktischen Notwendigkeit der Auswahl weniger Typen allmählich ergeben hätte. Bei einer geringeren Anzahl von Bezeichnungen oder auch bei einer anderen Auswahl von drei Farben bleibt irgendwo in der Farbenreihe ein unzweckmäßig großes Intervall ohne unterscheidende Benennung; zu einer größeren Anzahl treibt in primitiven Kulturzuständen kein Bedürfnis, da doch der gemeine Mann noch heute mit den genannten auszukommen vermag. Allmähliche Änderungen und Verschiebungen in den außer Rot noch besonders bezeichneten satteren Farben haben ja ohne Zweifel stattgefunden, während eine Änderung oder Entwickelung der F a r b e n e m p f i n d u n g e n in keiner Weise nachweisbar ist. Das griechische Wort für Grün, chloros, bezeichnet eine entschieden gelbliche Nüance, die Farbe des jungen Laubes; anderswo dient wohl ein einziges Wort gleichzeitig

zur Bezeichnung von Grün und von Blau, es wird somit vorwiegend von den blaugrünen Tönen, z. B. des Meerwassers, zu verstehen sein. Man ist also nicht ohne weiteres auf die jetzt durch Namen bevorzugten Farbentöne verfallen, sondern hat diese erst sozusagen durch längeres Probieren als die zweckmäßigsten herausgefunden. Aber wieweit nun bei dieser Entwickelung das erwähnte praktische Bedürfnis, wieweit dabei die direkt nachweisbare Eigenart der bezeichneten Empfindungen mitgespielt hat, das eben läßt sich nicht mehr ermitteln.

Eher könnte man versucht sein, einen Beleg für die besondere Natur der Hauptfarben in der Art der Verwendung der Farben zu erblicken. Fast überall, wo zur Verwirklichung irgend eines praktischen Zweckes nur wenige Farben in Frage kommen, diese aber beliebig gewählt werden können, wie z. B. bei Nationalfarben, Signalfarben, Armeefarben, beschränkt man sich tatsächlich auf Schwarz und Weiß, Rot, Gelb, Grün und Blau. Niemand verfällt so leicht auf Orange, Gelbgrün, Violett, die doch an sich ebenso möglich wären. Auch nicht auf Braun oder Grau, die doch gleichfalls in Betracht kämen, soweit etwa bei solcher Auswahl das Vorhandensein eines kurzen Namens mitbestimmend wirkt, was ja vielfach sicher der Fall ist. Indes, es mag genügen, hierauf verwiesen zu haben; das Entscheidende bleibt jedenfalls, was sich bei der unmittelbaren Betrachtung der Farben jedermann deutlich machen läßt.

§ 15. Indirektes Sehen und Farbenblindheit.

1. Indirektes Sehen.[1] Der vorhin beschriebene Reichtum von Farbenempfindungen kann nicht unterschiedslos vermittelst jeder beliebigen Stelle der empfindenden Fläche des Auges wahrgenommen werden. Nur innerhalb eines mäßig großen zentralen Bezirks der Netzhaut vermögen die objektiven Reize die gesamte dreidimensionale Fülle von Farbeneindrücken hervorzurufen. Für eine schmale Randzone an der äußersten Netzhautperipherie ist (wenigstens unter gewöhnlichen Umständen) die ganze Buntheit der Farbenwelt erloschen. Alle objektiven Reize lösen hier nur Empfindungen von mehr oder minder hellem Weiß, Grau und Schwarz aus; unser räumliches Schema der Farben schrumpft für dieses Gebiet völlig zusammen auf seine Achse, die Reihe der neutralen Farben.

[1]) C. Hess, Über den Farbensinn bei indirektem Sehen, Gräfes Archiv für Ophthalm. **35**, 4, S. 1. 1889. J. v. Kries, Über die Farbenblindheit der Netzhautperipherie. Zeitschr. für Psychol. **15**, S. 247. 1897. A. Tschermak, Beobachtungen über die relative Farbenblindheit im indirekten Sehen. Pflügers Arch. **82**, S. 559. 1900.

In dem relativ breiten Ringe zwischen jener Randzone und dem zentralen Gebiet der Netzhaut ist ein Mittleres der Fall. Es werden außer den neutralen auch noch bunte Farben empfunden, aber nicht mehr alle. Von der ganzen Mannigfaltigkeit der zentral unterscheidbaren Farbentöne sind nur zwei übrig geblieben, Gelb und Blau, beide vielleicht in denselben Nüancen, die wir bei genauerer Prüfung als Hauptfarben anerkennen würden. Alles, was nicht weiß oder grau aussieht, erscheint in diese beiden Farben gekleidet, allerdings mit allen möglichen Helligkeits- und Sättigungsverschiedenheiten. Das ganze Farbenoktaëder ist auf einen Vertikalschnitt reduziert, der durch die Weiß-Schwarzachse und durch die einander gegenüberliegenden Ecken des Gelb und Blau hindurchgeht. Die Farbenwelt dieser mittleren Netzhautzone ist also eine zweidimensionale Mannigfaltigkeit; alle ihre Glieder lassen sich eindeutig charakterisieren durch Angabe ihrer Helligkeit einerseits und ihrer Entfernung von reiner Neutralität nach Gelb oder Blau hin andererseits.

In welcher Weise die Reduktion der übrigen Farbentöne auf die genannten beiden, Gelb und Blau, stattfindet, möge an dem Spektrum gezeigt werden. Im indirekten Sehen zeigt dieses eine völlig neutral, d. h. weiß oder grau aussehende Stelle, und zwar in der Gegend des sonstigen Blaugrün. Diese teilt das Spektrum in zwei ungleiche Hälften; die größere, langwellige, erscheint durchweg gelb, die andere, kurzwellige, durchweg blau. Und zwar sind diese Farben relativ satt nach den Enden des Spektrums hin, relativ weißlich nach der Mitte zu, in der Nachbarschaft der neutralen Stelle. Vervollständigt man die Farben des Spektrums durch die den Übergang zwischen seinen beiden Enden vermittelnden purpur- und karmoisinroten Töne, so findet man in diesen bei indirekter Betrachtung eine zweite neutrale Stelle und in ihrer Nachbarschaft natürlich gleichfalls minder gesättigtes Gelb und Blau. Ganz entsprechend aber verhält es sich mit allen übrigen, d. h. nicht spektral gesättigten, Farben. Alle für die Netzhautmitte roten, gelben und grünen Töne erscheinen peripher gelb, nur in verschiedener Sättigung und Helligkeit, alle blauen und violetten Töne blau; ein gewisses Blaugrün und ein gewisses Purpurrot verlieren jede Farbigkeit und sehen grau aus.

Zum richtigen Verständnis des Gesagten muß indes noch zweierlei hinzugefügt werden. Die beschriebenen drei Netzhautzonen sind erstens nicht scharf gegeneinander abgegrenzt, sondern der Übergang aus der dreidimensionalen in die zweidimensionale und dann weiter in die eindimensionale Farbenmannigfaltigkeit geht allmählich vor sich. Das Auge wird in einer gewissen Entfernung vom Netzhautzentrum (und zwar schläfenwärts früher als nasenwärts) zunehmend

schwachsichtiger für Rot und Grün, und dann weiterhin in einer größeren Entfernung auch zunehmend schwachsichtiger für Blau und Gelb, während es zur Vermittelung neutraler Farbenempfindungen nahezu bis an den äußersten Rand der Netzhaut imstande ist. Daraus folgt zugleich, daß bei allmählichem Übergang von direkter zu indirekter Betrachtung einer Farbe diese im allgemeinen ihren Farbenton allmählich ändern muß. Nur Gelb und Blau sowie ein gewisses Rot und ein gewisses Blaugrün gehen lediglich durch Sättigungsverminderung in Grau über, diese beiden letzten relativ bald, jene ersten relativ spät. Alle übrigen Farben aber werden erst entweder gelblicher oder bläulicher, dann gelb oder blau, und schließlich neutral. Dazu kommt nun zweitens, daß die Grenzen der verschiedenen Zonen, soweit man bei der Allmählichkeit der Übergänge noch von solchen sprechen kann, nicht einmal konstant sind, sondern je nach Umständen stark wechseln. Große Farbenflächen behalten das Aussehen, das sie im Netzhautzentrum haben, weiter hinaus nach der Peripherie als kleine. Gleicherweise bleibt jenes Aussehen weiter hinaus erhalten bei starken und kurzdauernden objektiven Reizen als bei schwachen und länger anhaltenden. Bei allgemeiner Abnahme der objektiven Lichtintensität rücken also die farbenschwache und die totalfarbenblinde Zone immer weiter gegen die Netzhautmitte vor. Bestimmte Angaben über die Wahrnehmbarkeitsgrenzen einzelner Farben, denen man häufig begegnet, haben nach alledem keine allgemeine Bedeutung, sondern gelten nur für die ganz besonderen Umstände, unter denen sie jeweilig gewonnen sind.

Daß wir von den Verschiedenheiten des direkten und indirekten Sehens für gewöhnlich nichts wissen und auch nicht dadurch gestört werden, beruht darauf, daß wir indirekt gesehene Konturen nur äußerst schwierig erkennen. Da wir nun aber überhaupt nicht alles jeweilig Sichtbare bewußt zu sehen vermögen, so verschafft sich für gewöhnlich nicht das indirekt, sondern nur das direkt Gesehene genügende Beachtung. Schaltet man dieses aus oder macht es hinreichend uninteressant und läßt andererseits die peripher wahrzunehmenden Farben besonders stark gegen ihren Grund abstechen, so treten — nach einiger Übung — die Eigentümlichkeiten des indirekten Sehens deutlich hervor. Sie lassen sich schon mit den einfachsten Hilfsmitteln anschaulich machen. Man schneide z. B. in einen schwarz überzogenen Karton ein kleines Fenster und befestige hinter diesem ein buntes Glas oder ein Blatt bunte Gelatine, beispielsweise von roter Farbe. Dann stelle man sich so, daß man ein großes Stück des hellen Himmels überblickt, schließe das linke Auge und fixiere mit dem rechten einen etwas nach außen gelegenen Punkt am Himmel oder an der Fensterscheibe. Bringt man nun das überdeckte Glas von der Nasenseite her in den Gesichtskreis, so erscheint das Fensterchen zuerst rein grau, bei Annäherung an den fortwährend beibehaltenen Fixationspunkt goldgelb und erst bei weiterer Annäherung rot.

Eine ganz andersartige Verschiedenheit zwischen direktem und indirektem Sehen beruht auf der oben (S. 193) schon erwähnten gelben Pigmentierung der Netzhautmitte. Dadurch werden rein physikalisch alle kurzwelligen Lichtstrahlen (und zwar merklich schon von Grün anfangend, relativ stark im Blaugrün und Blau) abgeschwächt und gelangen in geringerer Intensität an die Sehzellen. Farben, die Licht aus beiden Hälften des Spektrums enthalten, erscheinen also innerhalb der Macula etwas gelblicher oder rötlicher als außerhalb, und umgekehrt außerhalb der Macula etwas grünlicher oder bläulicher als innerhalb; solche, die nur kurzwelliges Licht enthalten, intramacular dunkler, extramacular heller. Die Pigmentierung ist individuell ziemlich verschieden, sodaß Farbengleichungen, die kurzwelliges Licht enthalten, bei macularer Betrachtung selten für mehrere Personen zugleich genau richtig sind.

2. Farbenblindheit.[1] Sehr ähnliche Einschränkungen des Farbensehens, wie sie sich beim normalen Auge auf den peripheren Netzhautgebieten finden, bestehen bei einzelnen Individuen, den sog. Farbenblinden, durchweg, auch für das zentrale Sehen. Verhältnismäßig verbreitet ist eine als *partielle Farbenblindheit* bezeichnete Anomalie, bei der die Farben auf eine ähnliche zweidimensionale Mannigfaltigkeit reduziert sind, wie oben für das indirekte Sehen beschrieben. Sie findet sich bei 3 bis 4 % aller Männer. Bei Frauen ist sie sehr selten, falls sie überhaupt vorkommt, wird aber merkwürdigerweise vorwiegend durch die Töchter und nicht durch die Söhne weiter vererbt. Die hierhergehörigen Personen sehen also außer den neutralen Farben nur Blau und Gelb in verschiedenen Helligkeits- und Sättigungsgraden, während ihnen die Hauptfarben Rot und Grün sowie alle Zwischenfarben zwischen diesen und Blau und Gelb völlig fehlen. Man kann sie daher (mit Hering) zutreffend als *Rotgrünblinde* bezeichnen. Dabei ist die Art, wie sich ihnen die normal anders aussehenden Farben auf jene beiden reduzieren, ganz wie vorhin auseinandergesetzt. Ein gewisses Purpur- oder Karmoisinrot und ein gewisses Blaugrün erscheinen ihnen neutral; die bei der natürlichen Anordnung der Farben dazwischenliegenden Töne sind für sie auf der einen Seite (sonst rot, gelb und grün) sämtlich gelb, auf der anderen Seite (sonst blau und violett) sämtlich blau. Das Spektrum, in dem die purpurroten Töne fehlen, zerfällt ihnen demnach in zwei Hälften, eine langwellige gelbe und eine kurzwellige blaue, die an den Enden relativ gesättigte Farben zeigen und nach der Mitte zu durch weißlichere Töne in eine völlig neutral aussehende Stelle übergehen. Die Farben einer Hälfte des Spektrums können daher von den Farbenblinden leicht miteinander verwechselt werden, so z. B. Rot mit Grün. Dabei aber ver-

[1] Eingehendere Darstellung bei v. Kries in Nagels Hdb. der Physiol. III, 1. Über totale Farbenblindheit auch Grunert, Graefes Arch. Bd. 56 S. 132. 1903.

wechseln sie nicht unterschiedslos jedes Rot mit jedem Grün, sondern immer nur Bestimmtes mit Bestimmtem, je nach den Sättigungs- und Helligkeitsverhältnissen, sowie auch nach individuellen Eigentümlichkeiten. Der eine kann Erdbeeren nicht von ihrem Laube an der Farbe unterscheiden, ein anderer nicht Zehnpfennigmarken von Fünfpfennigmarken, der dritte nicht die roten von den grünen Signalscheiben der Eisenbahnen und Schiffe usw.

Interessant auch in allgemeinerer Hinsicht ist bei dieser Erscheinung der Farbenblindheit, daß man erst seit etwa 100 Jahren, ja in weiteren Kreisen kaum seit einem Menschenalter auf die Existenz einer so verbreiteten und praktisch so bedeutenden Anomalie aufmerksam geworden ist. Das liegt an zwei Umständen. Erstens findet man auch bei Normalsehenden vielfach eine große Unsicherheit in der Benennung, ja unter bestimmten Bedingungen auch im Erkennen von Farben. Bei Lampenlicht werden z. B. blaue und grüne Farbentöne leicht verwechselt. Dadurch gelten die Farbenblinden in ihren Kreisen für Leute, denen allgemein vorkommende Unvollkommenheiten nur in etwas höherem Grade anhaften. Zweitens aber lernen die Farbenblinden, um sich in der jedermann geläufigen und doch für sie nicht recht passenden Farbenbenennung keine Blößen zu geben, auf andere Merkmale sehr sorgfältig achten, namentlich auf die Helligkeits- und Sättigungsgrade. Was die anderen Menschen rot, gelb und grün nennen, sehen sie allerdings alles in demselben Farbenton, nämlich gelb, aber doch mit großen Verschiedenheiten. Das sogenannte Rot ist für sie eine relativ dunkle und satte Farbe, Gelb eine relativ helle, Grün eine minder gesättigte. Indem sie sich hieran orientieren und zugleich natürlich Dinge mit allgemein feststehenden Farbennamen (wie Blut, Rotwein, Gras) ebenso bezeichnen, wie sie es von anderen hören, vermögen sie im ganzen recht gut durchzukommen. Fast immer so gut, daß mit direkten Fragen über das Aussehen dieser oder jener Farbe hinsichtlich der eigentlichen Beschaffenheit ihres Empfindens gar nichts Zuverlässiges aus ihnen herauszubekommen ist. Dazu muß man sie aus einer großen Anzahl verschiedener Farben diejenigen zusammensuchen lassen, die ihnen gleich oder sehr ähnlich erscheinen, oder — noch besser — sie an Apparaten mit veränderlichen Farben eine Anzahl Gleichungen herstellen lassen. Daß nun aber gerade Gelb und Blau sowie die neutralen Farben diejenigen sind, die sie empfinden, überhaupt, daß sie die Farben der Dinge etwa so wahrnehmen wie das normale Auge im indirekten Sehen, vermutet man aus der Beobachtung einzelner sehr seltener Fälle, in denen die Farbenblindheit auf ein Auge beschränkt war, während das andere sich normal verhielt.

Bei genauerer Prüfung dieser Rotgrünblinden hat sich noch gezeigt, daß unter ihnen zwei Gruppen zu unterscheiden sind, deren jede die charakteristischen Farbengleichungen der anderen nicht anerkennt. Beide sehen, wie eben angegeben, das Spektrum teils gelb teils blau mit einer neutralen Stelle in der Gegend des Blaugrün. Aber diese Stelle liegt bei den einen durchschnittlich etwas mehr nach Grün, bei den anderen etwas mehr nach Blau hin. Vor allem ist die Stelle größter Helligkeit im Spektrum für beide verschieden. Die einen sehen sie etwa da, wo auch das normale Auge, also im Gelb, die anderen nicht unerheblich nach dem Gelbgrün hin verschoben. Im Zusammenhang damit erscheint auch das ganze langwellige Ende des Spektrums den ersten relativ hell, den zweiten relativ dunkel. Ein Rot, das mit einem bestimmten Grün verwechselt wird, wird also von den Angehörigen der ersten Gruppe so gewählt, daß auch das normale Auge ungefähr gleiche Helligkeit der beiden Farben anerkennt. Für die Angehörigen der zweiten Gruppe muß es dagegen viel heller sein, da sie eben das Rot relativ dunkel und das Grün relativ hell sehen. Zwischenstufen zwischen den beiden Gruppen scheinen zu fehlen. Auf Grund älterer theoretischer Voraussetzungen pflegte man wohl die Vertreter der ersten Gruppe Grünblinde, die der zweiten Rotblinde zu nennen, was unzweckmäßig ist, da beide sowohl rot- als grünblind sind. Besser berechtigten Annahmen Rechnung tragend, die erst später erwähnt werden können, bezeichnet von Kries (Über Farbensysteme, Zeitschr. f. Psychol. **15** S. 248) die sog. Rotblinden als *Protanopen*, die sog. Grünblinden als *Deuteranopen*. Die dem normalen Sehen näherstehende Gruppe ist die der Deuteranopen, die zugleich auch die zahlreichere ist. Wie die Helligkeitsverteilung im Spektrum für sie annähernd die gleiche ist wie für den Normalsehenden, so stimmt wahrscheinlich auch die ganze Art ihres Sehens überein mit der durch die rotgrünblinde Zone des normalen Auges vermittelten.

Außer der Rotgrünblindheit existiert noch eine zweite, aber äußerst seltene partielle Eingeschränktheit des Farbensehens. Auf Grund theoretischer Vorstellungen wird sie als *Blaugelbblindheit* oder als Violettblindheit bezeichnet; ob und wieweit das aber zu den Empfindungen der betreffenden Individuen paßt, ist noch unbekannt. Die Anomalie äußert sich u. a. darin, daß das violette Ende des Spektrums stark verdunkelt und wenig gefärbt erscheint, daß die Gegend des Gelb mit Weiß verwechselt wird, daß dagegen rote und grüne Farbentöne immer unterschieden werden. Um eine gewisse Anschauung von der Sache zu gewinnen, sehe man einige Zeit durch ein gelbes Glas; man sieht dann annähernd, soviel sich vermuten läßt, die Dinge ähnlich wie die Blaugelbblinden.

Wie die das Netzhautzentrum zunächst umgebende ringförmige Zone gleichsam verselbständigt erscheint in dem Auge der Rotgrünblinden, so die äußerste Randzone der normalen Retina in gewisser Hinsicht in dem der sog. *total Farbenblinden*. Bei einzelnen, übrigens sehr seltenen Individuen (annähernd gleich zahlreich bei beiden Geschlechtern) löst alles objektive Licht nur Empfindungen von Weiß und den verschiedenen Schattierungen Grau aus; jede Buntheit der gesehenen Dinge ist ihnen unbekannt; die ganze Welt gleicht einer Photographie oder einem Kupferstich. Auch das Spektrum erscheint als ein durchaus farbloser Streifen, in der Mitte hell und nach den Enden zu dunkel. Dabei ist indes eine Besonderheit von großer Be-

deutung. Für das normale Auge liegt bekanntlich die Stelle größter Helligkeit des Spektrums im Gelb. Obwohl die Verschiedenheit der Farbentöne ein Urteil über bloße Helligkeiten schwierig und unsicher macht, kann doch niemand hierüber zweifelhaft sein. Auch für die farbenblinde Randzone des normalen Auges verhält es sich so. Die Dinge verlieren für sie ihre Buntheit, aber sie behalten, soviel sich urteilen läßt, relativ zueinander dieselben Helligkeiten, die sie bei direkter Fixation haben. In dem farblosen Spektrum des total Farbenblinden dagegen ist die hellste Stelle beträchtlich verschoben; sie liegt mitten in der für uns grün aussehenden Gegend (Fig. 19). Dadurch wird zugleich eine Änderung der gesamten übrigen Helligkeitsverteilung des Spektrums herbeigeführt. Indem das Helligkeitsmaximum von dem roten Ende wegrückt, wird dieses erheblich dunkler und kann nicht mehr so weit erkannt werden wie von dem normalen Auge. Das kurzwellige Ende des Spektrums dagegen erfährt eine beträchtliche Aufhellung, so daß z. B. die Gegend, in der das normale Auge Blau sieht, dem total Farbenblinden noch heller erscheint als die, wo jenes Gelb sieht. Angeborene totale Farbenblindheit ist, wie gesagt, eine sehr seltene Erscheinung. Bisher sind nur erst einige Dutzend Fälle genauer bekannt geworden. Durchweg fanden sich in diesen, außer der Anomalie des Farbensehens, noch andere krankhafte Eigentümlichkeiten. So namentlich eine erhebliche Herabsetzung der Sehschärfe, auf $^1/_5$—$^1/_{10}$ der Norm. Weiter eine starke Lichtscheu: helles Licht blendet die total Farbenblinden; sie suchen es daher nach Möglichkeit zu vermeiden. Endlich drittens eigentümliche zuckende Bewegungen des Auges in horizontaler Richtung (*Nystagmus*), die nur mit großer Mühe vorübergehend unterdrückt werden können. Wahrscheinlich rühren sie daher, daß die Netzhautmitte bei diesen Farbenblinden, wie in einigen Fällen direkt nachgewiesen, unempfindlich oder doch stark minderempfindlich ist, und der Kranke nun bei dem Versuch, einen Gegenstand zu fixieren, mit der unempfindlichen Stelle sozusagen um ihn herumsehen muß.

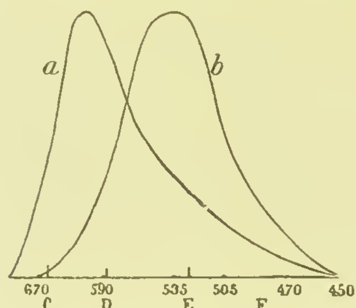


Fig. 19. Verteilung der relativen Helligkeiten in einem Gaslichtspektrum: *a* für das normale, *b* für das total farbenblinde Auge (nach A. König).

§ 16. Allgemeine Beziehungen zu den äußeren Reizen.

Den objektiven Reiz für das Entstehen der Farbenempfindungen bilden bekanntlich Schwingungen eines sehr feinen und überall verbreiteten Mediums, des sogenannten Äthers. Seit kurzem ist es möglich geworden, diese Vorgänge noch etwas anders zu bezeichnen. Sie sind derselben Art wie das, was sich fortpflanzt, wenn durch elektrische Ströme in Gegenständen des umgebenden Raumes Induktions- oder magnetische Wirkungen hervorgerufen werden, und der Unterschied besteht nur darin, daß die Schwingungen, um die zersetzlichen Substanzen im Augenhintergrunde zu affizieren, noch etwa 10 000 mal schneller sein müssen als die schnellsten elektrischen Schwingungen, die wir zurzeit hervorbringen können. Ein gutes Schema der Vorgänge bilden die Schwingungen eines mit dem einen Ende frei herabhängenden und am anderen Ende mit der Hand geschüttelten Seils. Nur muß es ganz dahingestellt bleiben, ob in Wirklichkeit überhaupt eine materielle Verschiebung von Teilchen stattfindet, wie bei dem Seil in der Transversalbewegung seiner Teile, oder ob die Oszillationen vielmehr in bloßen Zustandsänderungen bestehen.

Wie das Seilschema ohne weiteres veranschaulicht, läßt sich an solchen Schwingungen Verschiedenes unterscheiden. Die schüttelnde Hand kann sich schneller oder langsamer bewegen. Dann laufen die Wellen, da sie sich alle mit derselben Geschwindigkeit das Seil entlang fortpflanzen, dichter oder weniger dicht hintereinander her. Die Länge der einzelnen Wellen ist also verschieden. Oder die Hand kann sich in ein und demselben Rhythmus mehr oder weniger ausgiebig bewegen. Die Wellen haben dann bei derselben Länge verschiedene Amplituden, die Teilchen entfernen sich mehr oder weniger weit von ihrer Gleichgewichtslage. Da sie aber bei einem bestimmten Rhythmus den großen wie den kleinen Weg in derselben Zeit zurücklegen müssen, so passieren sie jene Gleichgewichtslage mit verschiedener Geschwindigkeit und demnach mit verschiedener lebendiger Kraft. Die Schwingungen haben also verschiedene Energie oder, wie man es hier zu nennen pflegt, verschiedene Intensität. Weiter kann die Hand dem Seil verschiedene Impulse gleichzeitig erteilen. Sie kann sich z. B. in größeren Exkursionen hin und her bewegen, dabei aber zittern. Oder das Seil kann an der vibrierenden Zinke einer genügend kräftigen Stimmgabel befestigt sein und von einer zitternden Hand hin und her bewegt werden. Dann werden die großen Wellen von kleineren gekräuselt und die kleineren wieder von kleinsten. Es kann also die Reinheit oder Zusammengesetzt-

heit der Wellen eine verschiedene sein. Eine weitere Verschiedenheit, die physikalisch von Bedeutung ist, ob nämlich die Schwingungen ausschließlich in einer bestimmten Ebene geschehen (Polarisation der Schwingungen) oder unregelmäßig nach allen möglichen Richtungen, ist für das Sehen belanglos. Jene ersterwähnten Eigenschaften der Ätherwellen dagegen, ihre Wellenlänge, Intensität und Reinheit, bilden nun eben die Momente, von denen die früher (S. 201) erwähnten drei charakteristischen Bestimmungsstücke der Farbenempfindungen, Farbenton, Helligkeit und Sättigung, wesentlich abhängen.

Die Wellenlänge bedingt den Farbenton. Die längsten Wellen von rund 700 $\mu\mu$ (Milliontel Millimeter) Wellenlänge erzeugen die Empfindung Rot, die kürzesten, von etwa 400 $\mu\mu$, die Empfindung Violett, die Wellen mittlerer Länge der Reihe nach Orange, Gelb, Grün, Blau. Die Intensität der Schwingungen weiter bedingt die Helligkeit der Farben. Je stärkere Schwingungsimpulse die Ätherteilchen erhalten, z. B. durch Verstärkung der objektiven Beleuchtung oder durch Erweiterung des Spaltes an einem Spektralapparat, desto heller werden die Farben empfunden. Auf der Reinheit der Wellenzüge endlich beruht die Sättigung der Farben. Wellen einer einzigen Wellenlänge (*homogenes Licht*) bewirken die sattesten Farbenempfindungen; bei Hinzutritt von Licht anderer Wellenlängen werden die Farben im allgemeinen stumpfer. Die in der Natur vorkommenden Farben sind fast durchweg physikalisch sehr gemischt und ebendarum viel weniger feurig als die homogenen Farben des Spektrums. Die ganz ungesättigten Farben, Weiß und Grau, enthalten bei ihrem gewöhnlichen Vorkommen Licht aller überhaupt sichtbaren Wellenlängen, ohne daß sich, wie bekannt, diese komplizierte objektive Zusammengesetztheit in der völlig einfachen und unzerlegbaren Empfindung der Farben irgendwie verriete.

Indes mit diesen allgemeinen Angaben ist noch nicht viel gewonnen; nicht minder wichtig als ihre Kenntnis ist die weitere Kenntnis, daß die Verhältnisse bei näherem Zusehen keineswegs bloß so einfach sind, wie eben dargestellt. Indem jedes psychologische Moment zunächst allerdings von dem ihm eben zugewiesenen physikalischen abhängt, ist es doch auch zugleich von den übrigen mitbedingt. Bloße Änderungen der Intensität der Ätherschwingungen bewirken nicht nur Helligkeitsänderungen der Farben, sondern unter Umständen auch beträchtliche Änderungen des Farbentons, sowie der Sättigung. Schwingungen, die sich physikalisch bloß durch die Wellenlänge voneinander unterscheiden, aber sonst denselben Energiegehalt und denselben Grad von Homogeneïtät besitzen, liefern in der Regel Farbenempfindungen von ganz verschiedenen Sättigungs- und Hellig-

keitsgraden. Änderungen endlich in der Zusammensetzung der Ätherwellen rufen nur in gewissen Ausnahmefällen weiter nichts als Sättigungsänderungen hervor, für gewöhnlich sind mit ihnen auch Änderungen des Farbentons verbunden. Die eigentlichen Abhängigkeitsbeziehungen zwischen dem Psychischen und dem Physischen sind also sehr verschränkt und verwickelt. Daraus erwächst zunächst und rein äußerlich die Notwendigkeit, die Namen für die beiderseitigen drei Bestimmungsstücke sorgfältig auseinander zu halten und sie nicht, wie es vielfach geschieht, durcheinander zu gebrauchen. Kein physikalischer Name kann einem psychologischen einfach substituiert werden oder umgekehrt; wo es also dennoch geschieht, ist entweder Unklarheit vorhanden oder wird Unklarheit hervorgerufen. Die Bezeichnungen Farbenton, Helligkeit und Sättigung sollen daher hier nur für die Farbenempfindungen, dagegen Wellenlänge, Intensität und Reinheit (oder Zusammengesetztheit) nur für die Ätherwellen Verwendung finden. Sodann ergibt sich für eine nähere Darlegung der Beziehungen zwischen den Farben und ihren äußeren Reizen, daß sie von drei Gesichtspunkten aus zu geschehen hat, daß also die Abhängigkeit der Farben nach ihren sämtlichen Eigentümlichkeiten erst von der Wellenlänge, dann von der Intensität und endlich von der Zusammensetzung der objektiven Reize zu behandeln ist.

Nun sind aber die tatsächlich obwaltenden Verwickelungen mit dem soweit Angegebenen noch nicht einmal erschöpft. Der Farbeneindruck, den eine nach Wellenlänge, Intensität und Zusammensetzung bestimmte objektive Reizung für das Bewußtsein hervorbringt, hängt noch sehr wesentlich von zwei weiteren Momenten ab. Erstens von räumlichen Verhältnissen: von der eigenen räumlichen Ausbreitung des Reizes, sowie namentlich von der gleichzeitig stattfindenden Reizung der räumlich benachbarten Partien der Retina. Zweitens von zeitlichen Verhältnissen: von der eigenen Dauer des Reizes und von der unmittelbar vorangegangenen Reizung der betreffenden Retinastelle. In beiden Hinsichten ist wieder je nach Umständen Verschiedenes der Fall, und die Fülle und Verwickelung der darzustellenden Tatsachen ist daher außerordentlich groß. Alles Bekannte hier mitzuteilen ist natürlich nicht erforderlich; aber auch das ausgewählte Wichtigere läßt sich nicht alles auf einmal sagen, und der Leser muß daher das Frühere durch das Spätere ergänzen.

Im ganzen kommen also nach dem Gesagten für die weitere Darstellung fünf Beziehungen in Betracht:

a) Die Abhängigkeit der Farben von der Wellenlänge der Reize

b) Ihre Abhängigkeit von der Intensität der Reize. Hierher gehört u. a. das sogenannte *Purkinjesche Phänomen.*

c) Die Abhängigkeit von der Zusammensetzung der Reize, die Tatsachen der *Farbenmischung.*

d) Die Abhängigkeit von der räumlichen Verteilung der Reize, bekannt unter dem Namen *Kontrast.*

e) Die Abhängigkeit von den zeitlichen Verhältnissen der Reize, namentlich die *Adaptations-* und *Nachbilderscheinungen.*

Die Erörterung des an erster Stelle genannten Verhältnisses bedarf nur weniger Worte; die übrigen vier erfordern eine etwas größere Ausführlichkeit. Dabei ist noch zu bemerken, daß einige der sachlich hierhergehörigen Tatsachen in ganz ähnlicher Weise auf anderen Empfindungsgebieten wiederkehren. Um Wiederholungen zu vermeiden, ist daher eine Beziehung, die sich ohne Schaden für das Verständnis der übrigen Dinge herausheben läßt, einstweilen zurückgestellt und einem späteren Zusammenhange vorbehalten, nämlich das sog. Weber-Fechnersche Gesetz (s. § 45). Bei den Adaptationserscheinungen, wo eine solche Herauslösung unzweckmäßig erscheint, muß später auf das hier zu Erörternde zurückgegriffen werden.

Besonders charakteristisch für die Abhängigkeit der Gesichtsempfindungen von ihren objektiven Ursachen ist die Tatsache, daß eine der sechs Hauptempfindungen überhaupt gar nicht durch äußere Reize, sondern vielmehr durch das Fehlen solcher Reize hervorgebracht wird, bekanntlich die Empfindung Schwarz. Sie ist deshalb nicht etwa für unser Bewußtsein etwas Negatives oder eine Nullempfindung, wie man sie wohl genannt findet, sondern vollkommen so positiv wie jede Farbenempfindung. Sie kann sogar etwas eigenartig und positiv Reizvolles für uns haben, — eine tiefschwarze Samtfläche sehen wir nicht ohne Wohlgefallen, — nur die objektive Veranlassung ihres Zustandekommens besteht nicht in der Einwirkung eines angebbaren und auch außerhalb des Auges nachweisbaren Prozesses, sondern eben in der Abwesenheit eines solchen Prozesses. Indes das bloße beliebig geartete Fehlen äußerer Einwirkungen ist es auch wieder nicht, was uns die Schwarzempfindung in ihrer vollen Stärke und Reinheit hervorruft. Befindet man sich eine Weile in einem objektiv völlig lichtlosen Raum oder verdeckt man die Augen lichtdicht durch Auflegen von Tüchern und dergleichen. so sieht man nicht mehr vollkommenes und tiefes Schwarz. Sondern das Gesichtsfeld ist höchstens von einem tiefdunkeln Grau erfüllt, in dem hier und da hellere Punkte aufblitzen, mannigfach gestaltete Flecken, Nebel und Wolken lagern, die sich fortwährend verändern. Dies rührt daher, daß auch bei Ausschluß jeder äußeren Reizung in der Netzhaut des Auges fortwährend mancherlei Prozesse stattfinden, wie die Blutzirkulation, Wärmebewegungen usw., durch welche schwache Erregungen des nervösen Apparats bewirkt werden (*Eigenlicht der Retina*). Nur unmittelbar nach der Einwirkung stärkerer objektiver Reize,

sowie namentlich auf objektiv lichtlosen Stellen in der Nachbarschaft anderer, die gleichzeitig der Reizung unterliegen, sind diese inneren Erregungen zeitweilig unwirksam. Wahrhaft reines und tiefes Schwarz empfinden wir dementsprechend nur für kurze Zeit, wenn wir aus dem Hellen in einen objektiv lichtlosen Raum eben hineintreten, oder — noch besser — wenn einem umschriebenen Bezirk der Retina nach vorheriger Belichtung das objektive Licht plötzlich entzogen wird, während die Umgebung seiner Einwirkung noch ausgesetzt bleibt.

§ 17. Abhängigkeit von der Wellenlänge der Reize.[1]

Das allgemein Bekannte in dieser Hinsicht ist schon berührt worden, daß nämlich die Strahlen größter Wellenlänge die Empfindung Rot hervorrufen und die anderen, von sukzessiv geringeren Wellenlängen, der Reihe nach die übrigen Farben eines gewöhnlichen Spektrums. Wie der bloße Anblick des Spektrums bereits lehrt, bestehen dabei aber gar keine regelmäßigen Beziehungen zwischen den Änderungen des Farbentons und den zugehörigen der Wellenlänge. Stellenweise erscheint eine größere Strecke ziemlich gleichmäßig gefärbt, stellenweise drängen sich zahlreiche unterscheidbare Farbentöne auf geringem Raum zusammen. Am dichtesten ist diese Häufung im Gelb und im Blaugrün. Die Empfindlichkeit des Auges für Änderungen der Wellenlänge ist hier also am größten und in der Tat ziemlich beträchtlich. An beiden Stellen vermögen wir Unterschiede von nicht ganz ein Milliontel Millimeter Wellenlänge noch eben als Farbentonverschiedenheiten wahrzunehmen. Und zwar unter Bedingungen, die für eine genauere Beurteilung noch nicht einmal als die allergünstigsten bezeichnet werden können, nämlich bei Vergleichung von zwei relativ kleinen Feldern an einem Spektralapparat, die noch durch eine feine schwarze Linie voneinander getrennt sind. Innerhalb des ganzen Spektrums können unter den gleichen Bedingungen etwa 160 verschiedene Farbentöne voneinander unterschieden werden.

Bei gleicher Reinheit der Strahlen verschiedener Wellenlänge ist doch der Charakter von Sättigung der zugehörigen Farben ziemlich verschieden. Genauere Prüfungen hierüber liegen nicht vor; nach

[1] Uhthoff, Über die Unterschiedsempfindlichkeit des normalen Auges gegen die Farbentöne im Spektrum. Graefes Archiv für Ophthalmologie, 34, 4, S. 1. Brodhun, Über die Empfindlichkeit des grünblinden und des normalen Auges gegen Farbenänderung im Spektrum. Zeitschr. für Psychol. usw. 3, S. 97. 1892.

dem unmittelbaren Eindruck wird man urteilen, daß spektrales Rot entschieden die größte Sättigung, d. h. die größte Verschiedenheit von einem gleichhellen Grau besitzt, nach ihm vielleicht Blau. Blaugrün und Gelb dagegen erscheinen als relativ ungesättigte Farben.

Gleicherweise würden die Farben verschiedener Wellenlänge auch sehr verschieden hell aussehen, wenn ihnen allen die gleiche physikalische Intensität zukäme. In unseren Spektren ist das nicht der Fall. In einem gewöhnlichen Sonnenlichtspektrum z. B. nimmt die in einem bestimmten kleinen Raum enthaltene lebendige Kraft der Ätherwellen von dem roten nach dem violetten Ende hin ziemlich stark ab. In der Mitte des Spektrums, im Grün, ist sie nur etwa halb so groß wie im Rot; im Blau ist sie bereits auf etwa $^1/_6$ gesunken. Die bei weitem größte subjektive Helligkeit aber liegt nicht im Rot, sondern erheblich mehr nach der Mitte des Spektrums zu, im Gelb, und das Blau ist zwar dunkler als das rote Ende des Spektrums, aber durchaus nicht um soviel, wie es an Energiegehalt seiner Strahlen hinter jenem zurücksteht. Denkt man sich die physikalischen Intensitätsverschiedenheiten ausgeglichen, so würde jene Verschiebung der subjektiven Helligkeiten nach dem kurzwelligen Ende des Spektrums noch weiter gehen: das Helligkeitsmaximum würde im Gelbgrün liegen und das Blau vielleicht so hell erscheinen wie gegenwärtig die Gegend des Orange.

§ 18. Abhängigkeit von der Intensität der Reize. (Purkinjesches Phänomen.)

1. Die allgemeine Wirkung von Intensitätsänderungen[1] läßt sich am besten an einem Spektrum auseinandersetzen. Wenn man die objektive Lichtintensität eines mittelhellen Spektrums in allen Teilen in gleichem Verhältnis, aber nur um mäßige Beträge vermehrt oder vermindert, so wird das Spektrum lediglich im ganzen heller oder dunkler. Die Verteilung der Farbentöne in ihm, sowie deren relative Helligkeiten und Sättigungsgrade zeigen keine merk-

[1] Brücke, Über einige Empfindungen im Gebiete der Sehnerven II und III. Wien. Sitzungsber. Math.-Nat. Kl. **77**, III, S. 50. 1878. Hillebrand, Über die spezifische Helligkeit der Farben. Ebda. **98**, III, S. 70. 1889. Hering, Untersuchung eines total Farbenblinden. Pflügers Arch. **49**, S. 563. 1891. Hering, Über das sogenannte Purkinjesche Phänomen. Ebda. **60**, S. 519. 1895. A. König, Über den Helligkeitswert der Spektralfarben bei verschiedener absoluter Intensität. Helmholtz-Festschrift S. 309. 1891. v. Kries und W. A. Nagel, Weitere Mitteilungen über die funktionelle Sonderstellung des Netzhautzentrums. Zeitschr. für Psychol. **23**, S. 161. 1900. A. Tschermak, Die Hell-Dunkeladaptation des Auges usw. Ergebnisse der Physiol. I. Jahrg. 2. Abt. S. 695. 1902.

liche Veränderung. Anders ist es, wenn die Intensitätsänderungen nach oben oder nach unten hin sehr weit getrieben werden.

Bei beträchtlicher Steigerung der Intensität des Spektrums zeigt der Reichtum seiner Farben eine Tendenz, sich auf zwei zu vermindern, nämlich auf Gelb und Blau. Diese verbreitern sich mehr und mehr auf Kosten ihrer Nachbarfarben und werden dabei zugleich immer weißlicher und ungesättigter. Die für gewöhnlich gelbgrünen, gelbroten und auch noch die roten Töne werden also bei wachsender Lichtintensität immer gelber und weißlicher, die blaugrünen und violetten Töne immer blauer und weißlicher, während ein gewisses mittleres Grün ohne Farbentonveränderung lediglich in weißlichere Nüancen übergeht. Man kann sich von alledem sehr leicht überzeugen, wenn man durch bunte Gläser direkt in die Sonne blickt und dabei natürlich bloß die Farbe des kleinen Sonnenbildchens in Betracht zieht.

Wird umgekehrt die objektive Intensität des Spektrums beträchtlich herabgesetzt, so zeigt sich gleichfalls eine Tendenz der Verminderung seines Farbenreichtums. Aber jetzt sind es vielmehr Rot, Grün und ein bläuliches Violett, die sich auf Kosten ihrer Nachbartöne verbreitern, schließlich diese fast ganz verdrängen und, nur getrennt durch schmale Zwischenzonen, ziemlich hart aneinandertreten. Eine Sättigungseinbuße ist auch hiermit verbunden: indem die Farben dunkler werden, werden sie zugleich auch grauer; zur selben Zeit aber macht sich eine andere und auffallendere Erscheinung geltend. In einem Spektrum mittlerer Intensität liegt, wie mehrerwähnt, die Stelle größter Helligkeit unzweifelhaft im Gelb; zugleich macht das dieser Stelle naheliegende Rot einen entschieden helleren Eindruck als das ihr fernliegende Blau. Bei hinreichender Abschwächung der Lichtintensität aber ändert sich beides. Die Stelle größter Helligkeit rückt mehr und mehr in die Gegend des Grün, und, während natürlich alle Farben, absolut genommen, dunkler werden, ist doch diese Verdunkelung am langwelligen Ende des Spektrums (für Rot und Gelb) relativ viel beträchtlicher als am kurzwelligen Ende und in der Mitte, so daß schließlich Grün entschieden heller als Gelb, und Blau ganz bedeutend heller als Rot geworden ist. Diese Verschiebung der relativen Helligkeiten der Farben bei abnehmender Lichtintensität wurde zuerst von dem Physiologen Purkinje bemerkt und wird nach ihm häufig als *Purkinjesches Phänomen* bezeichnet. Wesentliche Bedingung für das Zustandekommen der Erscheinung ist, daß die Herabsetzung der Lichtintensität für das Auge im ganzen geschieht und nicht etwa nur für begrenzte kleinere Stellen. Man kann sie also nicht etwa beobachten, wenn man eine Anzahl

verschiedener farbiger Scheiben zuerst bei vollem Tageslicht betrachtet und dann stark beschattet, während das Auge im übrigen den Wirkungen des Tageslichtes ausgesetzt bleibt. Die relativen Helligkeiten der Farben bleiben dann annähernd ungeändert. Wohl aber tritt die Erscheinung sehr schön hervor, wenn man die Farben während der allmählich zunehmenden Verdunkelung des Zimmers durch die Dämmerung wiederholt ansieht. Legt man eine Stange roten Siegellacks auf einen ultramarinblauen Grund, der bei Tage unzweifelhaft dunkler als das Rot erscheint, so wird man bei vorschreitender Dämmerung in der Beurteilung der Helligkeiten bald zweifelhaft werden, und schließlich sieht der Siegellack schon vollkommen schwarz aus, wenn der Grund noch in einem eigentümlichen bläulich-silbergrauen Lichte erglänzt. Das gleiche Verhalten kann man beobachten bei den roten Blüten und grünen Blättern einer Pflanze, den roten und blauen Gewändern auf religiösen Bildern usw.

Wird endlich die Verminderung der Lichtintensität so weit als möglich getrieben und zugleich das Auge durch längeren Aufenthalt in der Dunkelheit *(Dunkeladaptation)* an diese „gewöhnt", wie man sagt, so erreichen alle geschilderten Vorgänge, die Verminderung und Sättigungseinbuße der Farbentöne, sowie die Verschiebung ihrer relativen Helligkeiten ihr Maximum. Alle Buntheit der Farben verschwindet, und das ganze Spektrum erscheint als ein vollkommen farbloser Streifen. Zugleich ist die Stelle größter Helligkeit jetzt etwa in seine Mitte gerückt, ganz dorthin, wo sonst das Grün liegt. Was aber besonders interessant und wichtig hierbei ist: in dieser Gestalt gewährt das Spektrum, wie Hering zuerst gezeigt hat, dem normalen Auge denselben Anblick, den es dem total Farbenblinden bei gewöhnlichen Lichtstärken bietet (S. 212). Die absoluten Helligkeiten natürlich sind verschieden, aber hinsichtlich der Farblosigkeit und namentlich hinsichtlich der Lage des Helligkeitsmaximums und der ganzen übrigen Verteilung der Helligkeiten stimmen beide Spektren genau überein. Ja, nicht nur mit dem Sehen der normalen Individuen besteht diese Übereinstimmung, sondern auch mit dem der partiell Farbenblinden (wenigstens für die beiden Arten der Rotgrünblindheit, wo die Sache bisher allein untersucht werden konnte). Sie besteht ferner für die gesamte Peripherie der Netzhaut, deren äußerste Randzone ja freilich auch bei starker Belichtung schon total farbenblind ist, aber die Dinge dann doch mit der für starkes Licht normalen Helligkeitsverteilung erblickt (S. 212). Kurz, alle Unterschiede verschwinden hier: für das normale und anomale, das direkte und indirekte Sehen erscheinen die Dinge bei schwächsten Beleuchtungsgraden und bei Dunkeladaptation relativ zueinander ganz

so wie dem total Farbenblinden bei beliebigen Helligkeiten. Eine überraschend einfache Beziehung zwischen den fast verwirrend zahlreichen Mannigfaltigkeiten, die die Natur für das gewöhnliche Sehen ausgebildet hat. Nur eine Einschränkung ist zu machen: innerhalb eines äußerst kleinen Bezirks in der Gegend des deutlichsten Sehens (von etwa $1\,^1/_2{}^0$ Durchmesser) scheint das Purkinjesche Phänomen nicht zu bestehen. Wenigstens fanden hier u. a. v. Kries und Nagel auch nach sehr langer Dunkeladaptation keine Veränderung der relativen Helligkeitswerte der Farben.

2. Absolute und Unterschiedsschwellen.[1] Die geringste Menge weißen (d. h. aus allen Wellenlängen gemischten) Lichts, die an der Stelle des deutlichsten Sehens eben eine Empfindung auszulösen vermag, ist erstaunlich gering. Verschiedene voneinander unabhängige Untersuchungen kommen dahin überein, daß die geringste wahrnehmbare Helligkeit etwa diejenige schwarzen Samts ist, wenn er von einer gewöhnlichen guten Stearinkerze aus einer Entfernung von 8—10 Metern senkrecht beschienen wird. Ein ausgeruhtes normales Auge würde also ein in dieser Weise belichtetes Stück Samt noch eben von einem nichtbelichteten Stück zu unterscheiden vermögen. Die verschiedenen in dem weißen Licht enthaltenen Wellenlängen tragen aber zu dieser Schwellenempfindung durchaus nicht alle bei. Wie aus der in Fig. 19 abgebildeten Kurve b hervorgeht, die (nach S. 220) die Helligkeitsverteilung in einem lichtschwachen Spektrum darstellt, ist das Auge für die Strahlen mittlerer Wellenlänge bei weitem am empfindlichsten, und diese sind es daher auch, die zunächst allein die Empfindung bewirken. D. h. die in dem Kerzenlicht sonst noch enthaltenen Strahlen größter und kleinster Wellenlänge könnten ohne Schaden für das Gesamtresultat auch ganz fehlen. Wenn man aber umgekehrt für sie allein die Schwellenwerte bestimmen wollte, so müßte man die Kerze bedeutend näher an den Samt heranrücken.

Der Amerikaner Langley hat vor einiger Zeit versucht, die Intensität der schwächsten Lichtreize, die eben als solche wahrnehmbar sind, in absoluten Maßen zu schätzen, d. h. die in ihnen enthaltene Energie durch die Fähigkeit auszudrücken, ein kleines Gewicht zu einer gewissen Höhe zu heben. Er ließ das Auge nach

[1] S. P. Langley, Energy and Vision. Philosoph. Magazine **27**, S. 1. 1889. A. König und E. Brodhun, Experimentelle Untersuchungen über die psychophysische Fundamentalformel in bezug auf den Gesichtssinn. Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1888 S. 917 und 1889 S. 641. R. Simon, Über die Wahrnehmung von Helligkeitsunterschieden. Zeitschr. f. Psychol. **21**, S. 433. 1899.

längerer Dunkeladaptation aus 1 Meter Entfernung einen schmalen, 1 mm breiten Spalt betrachten, der zu wiederholten Malen etwa $^1/_2$ Sekunde lang erhellt und dann wieder verdunkelt wurde, und bestimmte das mechanische Äquivalent der geringsten Lichtmenge, die diesen Wechsel eben sicher zu erkennen erlaubte. Bei Belichtung mit Strahlen mittlerer Wellenlänge ergab sich, daß man mit der während jener halben Sekunde dem Auge zugeführten Energie nicht mehr leisten könne, als den 35. Teil eines Milligramms um den millionten Teil eines Millimeters zu heben ($^1/_{35}$ mg $\mu\mu$), oder auch nicht mehr, als den 15. Teil eines Milligramms Wasser um ein Billiontel Grad C. zu erwärmen ($15^{-1} \times 10^{-15}$ cal). Benutzte man Strahlen aus dem Übergange von Rot zu Orange oder aus dem Violett des gewöhnlichen Spektrums, so war die erforderliche Minimalzufuhr von Energie mehr als 200 mal größer. Langley schätzt die Unsicherheit seiner Bestimmungen wegen der zahlreichen experimentellen Schwierigkeiten auf 100 $^0/_0$; indes wenn sie auch das Zehnfache betragen sollte, die Größenordnung der gefundenen Zahlen gibt eine genügende Vorstellung von der geradezu „märchenhaften“ Empfindlichkeit unseres Sehorgans. Dabei ist es übrigens nicht die Stelle des deutlichsten Sehens, die für so schwache Helligkeiten die größte Empfindlichkeit besitzt, sondern eine sie umgebende Zone in der Entfernung von etwa 10—15 Grad. Man überzeugt sich hiervon leicht, wenn man einen schwachen Lichtschimmer in einem sonst völlig finsteren Zimmer betrachtet: sieht man seitlich daneben, so leuchtet er sozusagen hell auf; fixiert man ihn, so wird er auffallend dunkler. Bekanntlich beobachten auch die Astronomen die lichtschwächsten Sterne, indem sie etwas daran vorbei statt gerade nach ihnen hin visieren.

Bei welchen Verstärkungen der objektiven Lichtintensität die verschiedenen Strahlengattungen nicht nur als Helligkeiten, sondern als Farben im engeren Sinne, als bunte Farben, erkannt werden, ist nicht genau bekannt. Man weiß nur, daß die Verhältnisse für verschiedene Wellenlängen verschieden liegen. Für langwelliges Licht fällt die spezifische Farbenschwelle sehr nahe an die allgemeine Empfindungsschwelle, d. h. wenn man bei allmählich wachsender Lichtintensität überhaupt etwas sieht, wozu es schon ziemlich beträchtlicher Intensitätswerte bedarf, erkennt man auch sehr bald das Gesehene als rot. Bei mittleren Wellenlängen dagegen fallen die beiden Schwellenwerte sehr weit auseinander; die Strahlen dieser Gegend werden schon bei äußerst geringer objektiver Stärke als etwas Helles empfunden, aber damit die Empfindung Grün hinzutrete, bedarf es einer erheblichen Steigerung des objektiven Lichts. Offenbar ist also das Zustandekommen der Farbenempfindungen im engeren Sinne

etwas relativ Unabhängiges von dem Zustandekommen der neutralen Empfindungen Weiß und Grau. Darauf weist auch das Verhalten jener beiden Schwellenwerte im indirekten Sehen. Während die bloße Helligkeitsempfindlichkeit, wie vorhin erwähnt, in der Umgebung des Netzhautzentrums zunächst noch etwas zunimmt, wird umgekehrt die Empfindlichkeit für die bunten Farben beim Fortschreiten vom Zentrum zur Peripherie ausnahmslos geringer. Die Minimalwerte der objektiven Reize, bei denen bloß Grau und bei denen die bunten Farben als solche erkannt werden, haben also nicht durchweg dieselben Differenzen wie für die Netzhautmitte, sondern gehen bei zunehmend indirekter Betrachtung immer weiter auseinander.

Wird die Helligkeit einer bereits bestehenden neutralen Farbenempfindung objektiv so weit gesteigert, daß die Aufhellung gerade eben merkbar wird, so ist hierzu ein gewisser Bruchteil der Ausgangsintensität erforderlich, der je nach Umständen ziemlich verschieden ist (*relative Unterschiedsschwelle*). Innerhalb eines gewissen Bereichs mittlerer Helligkeiten ist dieser Bruch ein Minimum und zugleich annähernd konstant; für schwächere wie für stärkere Helligkeiten nimmt er allmählich zu und ist an den Grenzen der Intensitätsskala fast der Einheit gleich.

Die Gegend schärfster Empfindlichkeit ist etwa die Helligkeit weißen Papiers bei diffusem Tageslicht. Eine bestimmte Größe der Unterschiedsschwelle indes läßt sich auch hier immer nur für konkrete Bedingungen angeben, wie ja aus dem täglichen Leben jedermann geläufig ist. Geringe Helligkeits- und überhaupt Farbenunterschiede erkennt man bekanntlich am besten, wenn die zu vergleichenden Flächen in derselben Ebene liegen und unmittelbar, ohne jede Trennungslinie, aneinanderstoßen, wenn sie in ihrer Ausdehnung nicht zu klein sind und endlich möglichst frei sind von sonstigen Verschiedenheiten der Oberfläche, des Korns, der Textur und dergl. Besonders günstige Umstände bieten daher der Vergleichung z. B. scharfbegrenzte Schatten auf einer größeren Fläche, ferner auch dünne Papierscheiben verschiedener Größe, die auf derselben Achse mit großer Geschwindigkeit rotieren. Durch die schnelle Umdrehung verschwinden alle Unregelmäßigkeiten der Oberflächen; man sieht nichts als gleichmäßig ausgebreitete Färbungen, und ferner werden durch den Luftzug die Scheiben fest aufeinander und in dieselbe Fläche gepreßt. Unter derartig günstigen Bedingungen also erkennt man in der Gegend schärfster Empfindlichkeit noch Unterschiede von etwa $^{1}/_{120}$ der objektiven Lichtstärke mit voller Sicherheit. Nach längerer Übung geht dieser Wert sogar auf $^{1}/_{200}$ und weniger herunter. Bei Beobachtungen an dioptrischen Apparaten dagegen, bei denen die zu

vergleichenden Felder in der Regel ziemlich klein sind, findet sich $^1/_{60}$—$^1/_{70}$ als kleinster Wert. Und im gewöhnlichen Leben, wo man darauf angewiesen ist, die zu vergleichenden Nüancen einfach nebeneinander zu halten, ist kaum $^1/_{30}$ wahrzunehmen.

Die Helligkeitsunterschiede bunter Farben, also auch der satten Spektralfarben, werden sehr wahrscheinlich mit ganz derselben Empfindlichkeit beurteilt wie diejenigen neutraler Farben von der gleichen subjektiven Helligkeit. Man braucht also zwar für eine ebenmerkliche Aufhellung in dem Gelb irgend eines Spektrums absolut und relativ einen anderen Zuwachs der objektiven Lichtintensität als in dem Rot desselben Spektrums. Aber wenn man den Helligkeitsunterschied der beiden Farben ausgleicht, so daß sie für den unmittelbaren Eindruck annähernd gleich hell aussehen, so findet man auch für beide den gleichen Unterschiedsschwellenwert, und zwar ganz denselben wie für das ihnen gleichhelle Grau.

§ 19. Abhängigkeit von der Zusammensetzung der Reize. (Farbenmischung.)

Wie oben erwähnt, sind die neutralen und auch fast alle in der Natur vorkommenden bunten Farben physikalisch stark gemischt, d. h. sie erregen die Netzhaut an ein und derselben Stelle durch Ätherschwingungen vieler verschiedener Wellenlängen. Natürlich bedingt die Art der Mischung in gesetzmäßiger Weise das Aussehen der Farbe, und diese Beziehungen zwischen den Farben und der Zusammensetzung der sie verursachenden Ätherwellen haben sich bei näherem Zusehen als ziemlich einfach herausgestellt. Zunächst ein paar Worte über die Methode, Farbenmischungen künstlich hervorzubringen.

1. Methode. Verfahrungsweisen, an die man zunächst denken wird und auch bei diesen Untersuchungen zunächst gedacht hat, sind das Durcheinandermischen von farbigen Pigmenten, Malerfarben, Flüssigkeiten, oder auch das Übereinanderlegen von farbigen Gläsern. Beides aber ist völlig ungeeignet und irreleitend für den gewollten Zweck, nämlich für das Zusammenbringen von vorher getrennten Lichtern verschiedener Wellenlängen auf dieselbe Stelle der Retina. Denn jene Körper sind nicht selbstleuchtend, sie erscheinen farbig durch Absorption. Von dem sie treffenden Tages- oder Lampenlicht, das alle Wellenlängen enthält, halten sie verschiedene Strahlenarten zurück, und das, was sie übrig lassen, bedingt ihre Farbe. Bringt man nun mehrere solcher Körper zusammen, so ist das aus ihrer Vereinigung austretende Licht nicht die Summe dessen, was jeder einzelne durchläßt, sondern das, was der eine durchläßt, noch vermindert um das, was der andere davon zurückhält. Licht wird also nicht

addiert, sondern subtrahiert. Eine gelbe Glasplatte beispielsweise absorbiert stark die blau und violett aussehenden Strahlen und läßt die roten, gelben und grünen ziemlich ungehindert hindurchtreten. Eine blaue Platte dagegen verschluckt die roten und gelben Strahlen und läßt die grünen, blauen und violetten hindurch. Legt man nun beide Platten aufeinander, so hält die eine die langwelligen, die andere die kurzwelligen Strahlen zurück, und durchgelassen werden nur die mittleren Strahlen, die uns grün aussehen.

Das einfachste Mittel, richtige, d. h. additive Farbenmischungen hervorzubringen, liefert eine farblose Glasplatte, die man so hält, daß man die eine Farbe schräg durch die Platte hindurch und gleichzeitig die andere an ihrer Vorderseite an derselben Stelle gespiegelt sieht (Lambertscher Versuch). Das beste und zugleich zur genaueren Untersuchung der Erscheinungen einzig zuverlässige Mittel besteht in der Erzeugung zweier Spektren, die sich teilweise decken. Durch zwei nebeneinander befindliche und gegeneinander bewegliche Spalte bringt man in derselben Ebene zwei gegeneinander etwas verschobene Spektren hervor und schneidet aus diesen irgendwo einen schmalen Streifen heraus. Verschiebt man nun einen der beiden Spalte, so wandern die Farben des ihm zugehörigen Spektrums sukzessive durch jenen Ausschnitt hindurch, und es ist auf solche Weise möglich, jede Farbe des einen Spektrums mit jeder des anderen zur Vereinigung zu bringen. Bringt man das Auge dicht an jenen Ausschnitt, so erblickt man die Lichtmischung nicht nur als einen schmalen Streifen, sondern sieht die ganze Prismenfläche in der Mischfarbe leuchten. Läßt man das durch den Ausschnitt hindurchgetretene Licht noch durch eine Konvexlinse gehen, so kann man es zu einem objektiven Bilde jener Prismenfläche ausbreiten, das sich auf einem Schirme auffangen läßt, und man kann so auf die eine oder andere Weise die Eigenschaften bestimmter Lichtgemische an etwas größeren Feldern studieren.

Da solche Spektralapparate indes kostspielig sind, so hilft man sich für Demonstrationen und zur vorläufigen Orientierung meist mit schnell rotierenden Scheiben. Die durch Licht im Auge hervorgerufenen Prozesse haben nämlich die Eigenschaft, relativ träge zu verlaufen und nach dem Aufhören der objektiven Reizung erst während eines merklichen Bruchteils einer Sekunde abzuklingen. Läßt man daher eine mit verschiedenfarbigen Sektoren versehene Scheibe 50—60 mal in der Sekunde rotieren, so fallen die verschiedenen Wellenlängen, die sie ins Auge sendet, zwar nicht streng gleichzeitig, aber doch noch so kurz hintereinander auf dieselben Stellen der Retina, daß der Effekt dem einer gleichzeitigen Reizung entspricht (s. S. 259). Man ist nur bei dieser Methode an die physikalisch meist stark gemischten Pigmentfarben gebunden, und wenn man über deren Zusammensetzung nun nicht genauer orientiert ist, so unterliegt man leicht Täuschungen hinsichtlich des Wertes der gefundenen Resultate. Zeigt man z. B. mit rotierenden Scheiben und Pigmentfarben, daß sich Blau und Gelb zu Weiß mischen lassen, so vereinigt man in Wahrheit sämtliche Lichtstrahlen der langwelligen Hälfte des Spektrums mit sämtlichen der kurzwelligen Hälfte. Daß aber eine solche Vereinigung von Licht aller Wellenlängen den Eindruck Weiß hervorruft, war ohnedies bekannt.

In der technischen und künstlerischen Praxis ist, wie beiläufig erwähnt werden mag, noch ein anderes Mischungsverfahren im Gebrauch, dessen Resultate mit denen einer richtigen Farbenaddition ganz übereinstimmen. Es besteht in dem einfachen Nebeneinanderstellen sehr kleiner Farbenflächen. Die Ölmalerei, besonders bei manchen modernen Malern, der Öldruck, die Stoffweberei und namentlich die Gobelinweberei verwenden es in der ausgedehntesten Weise.

Betrachtet man ein gemaltes oder gewebtes Gesicht aus großer Nähe, so sieht man oft nichts als eine verwirrende Fülle kleiner Farbenflecke oder bunter Fäden, deren Farben, Rot, Grün, Blau usw., anscheinend mit der Fleischfarbe des Gesichts nicht viel zu tun haben. Tritt man genügend zurück, d. h. verkleinert man den Gesichtswinkel der kleinen Farbenflächen, so ist alles in Ordnung. Die Farben haben auf der Netzhaut durch Irradiation übereinander gegriffen und sich gemischt.

2. Gesetze der Farbenmischung. Es sind in der Hauptsache drei Gesetze, durch die sich das Aussehen aller möglichen Lichtmischungen charakterisieren läßt. Man denke sich die Reihe der durch homogenes Licht hervorgebrachten Spektralfarben, bei einer größeren, aber nicht übertriebenen Lichtintensität. Vervollständigt und zu einer in sich geschlossenen gemacht denke man sich diese Reihe ferner durch die purpur- und karmoisinroten Töne, die physikalisch nur durch Mischung aus den Endlichtern des Spektrums hervorgebracht werden können. Dann gilt folgendes.

a) Für jedes Glied der Reihe existiert ein anderes Glied derselben Reihe, das, mit jenem in einem bestimmten Verhältnis gemischt, Weiß (oder bei geringerer Intensität Grau) gibt. Ist das Mengenverhältnis der Komponenten nicht das zur vollen Neutralisation erforderliche, so resultiert eine Farbe von dem Ton der quantitativ zu reichlich vertretenen, aber von geringerer Sättigung. Solche Farben (oder Lichtwellen), welche die ihnen isoliert zukommende Buntheit bei physikalischer Mischung wechselseitig auszulöschen vermögen, heißen *Komplementärfarben.* Paare von Komplementärfarben sind beispielsweise: Rot und Grünspangrün, Orange und Grünblau, Goldgelb und Blau, Grün und Purpur. Die beiden Farbentöne Gelb und Blau, die im indirekten Sehen am weitesten nach der Peripherie hin ohne Farbentonänderung wahrnehmbar sind, und die zugleich das Sehen der gewöhnlichen Farbenblinden charakterisieren, sind einander komplementär. Desgleichen die beiden Töne Karmoisinrot und Blaugrün, die den Farbenblinden neutral erscheinen und auch im indirekten Sehen ohne Farbentonänderung am frühesten grau gesehen werden. Die innerhalb des Spektrums enthaltenen Komplementärfarben liegen etwa um ein Drittel bis zur Hälfte des Gesamtbereichs der sichtbaren Wellenlängen voneinander entfernt, aber eine einfache numerische Beziehung zwischen ihren Wellenlängen besteht nicht. Das Maßgebende für den Komplementarismus ist nicht die Schwingungsfrequenz des Lichts, sondern das Aussehen der zugehörigen Farben. Wo, wie im Rot, zahlreiche aufeinander folgende Wellenlängen nahezu mit demselben Farbenton gesehen werden, steht auch die allen zugehörige Komplementärfarbe fast an derselben Stelle

des Spektrums. Wo dagegen, wie im Gelb, die Farbentöne sich sehr schnell mit den Wellenlängen ändern, schreiten auch die zugehörigen Komplementärfarben mit großen Schritten durch das Blau und Violett.

b) Werden in jener geschlossenen Reihe der sattesten Farben zwei Glieder gemischt, die einander nicht komplementär sind, so erhält man, je nach der relativen Menge der beiden Komponenten, alle möglichen auf dem kürzeren Wege zwischen ihnen liegenden Farbentöne. Jedoch sind diese im allgemeinen um so weniger gesättigt, je weiter die Komponenten voneinander entfernt sind. Rot und Gelb z. B. geben bei viel Rot Zinnoberrot, bei viel Gelb Goldgelb, bei gleichen Mengen der Komponenten Orange, alles in ziemlicher Sättigung. Grün und Violett geben die verschiedenen zwischen ihnen liegenden blauen, grünblauen und violettblauen Töne, jedoch in geringerer Sättigung usw. Man kann somit wie die neutralen so auch die bunten Farben, namentlich die minder gesättigten von ihnen, auf sehr zahlreiche verschiedene Weisen durch Mischung gewinnen. Denn jede kann durch eine bestimmte Kombination aller möglichen Paare von Nachbarfarben hervorgebracht werden.

c) Das dritte Mischungsgesetz gilt nur mit einer gewissen Einschränkung. Wofern nämlich durch eine Mischung nicht allzu große objektive Intensitätsänderungen herbeigeführt werden, besteht der Satz: Gleich aussehende Farben gemischt geben wieder gleich aussehende Farben. Für den Eindruck, den irgend welche Farbenmischungen machen, kommt es nicht darauf an, welche der vielen möglichen Kombinationen von Ätherwellen den Komponenten zugrunde liegen, sondern lediglich darauf, wie sie aussehen. Nur darf man sich, wie gesagt, wenn man zu einem Paar gleich aussehender, aber physikalisch verschieden zusammengesetzter Farben andere dergleichen Paare hinzumischt, dadurch nicht zu sehr aus dem Helligkeitsbereich entfernen, in dem man sich anfänglich befand.

Aus diesen drei Gesetzen folgen manche andere interessante Beziehungen. So z. B. die Tatsache, daß man jede beliebige ungesättigte Farbe darstellen kann durch Mischung einer gesättigten Farbe mit Weiß. Denn nach dem dritten Gesetz kann man das Weiß betrachten als bestehend aus zwei beliebigen einander gerade neutralisierenden und satten Komplementärfarben p und q. Wird hier noch p zugesetzt, so ist dieses zu reichlich vertreten, und dies gibt, nach dem ersten Gesetz, eine Farbe desselben Tons, aber geringerer Sättigung. Da nun innerhalb unserer Reihe der gesättigten Farben alle Farbentöne vertreten sind, so kann man durch geeignete Wahl des p und Zumischung von Weiß Gleichheit mit jeder ungesättigten Farbe herstellen. Daraus folgt aber weiter, daß die eben für Spektral-

farben dargelegten Mischungsgesetze auch für beliebige Pigment- und andere Farben gültig sind. Das Resultat einer Mischung ist allemal so, wie wenn man gesättigte Farben desselben Tones nähme und diesen ein gewisses Quantum Weiß zusetzte.

Nach dem zweiten Mischungsgesetz kann man mit zwei Farben, die einander näher liegen als Komplementärfarben, alle zwischenliegenden Farben oder doch Farbentöne durch Mischung gewinnen, unter Umständen allerdings nur unter Sättigungseinbuße. Daraus ergibt sich, daß, wenn man drei Farbentöne nimmt, von denen je zwei die Komplementäre der dritten einschließen, man alle überhaupt möglichen Farbentöne hervorbringen kann, und zwar diese in allen möglichen Sättigungsstufen, die nur niemals höher sein können als diejenigen der Komponenten. Allerdings sind nicht alle beliebigen Gruppen von drei Farben, die der erwähnten Bedingung genügen, auch im übrigen gleichwertig für die Mannigfaltigkeit der erreichbaren Mischungsresultate. Wenn man die übrigen Farben nicht nur in den niederen, sondern auch in möglichst hohen Sättigungsgraden gewinnen will, so erweisen sich spektrales Rot, Grün und ein bläuliches Violett bei weitem am zweckmäßigsten und ausgiebigsten. Rot und Grün liefern die orange, gelben und gelbgrünen Farbentöne, teilweise in sehr hohen Sättigungsgraden, Grün und Violett die blaugrünen und blauen, Violett und Rot die Purpurtöne. Bei passender Vereinigung aller drei Komponenten geben je zwei die Komplementärfarbe der dritten, man erhält also Weiß, und durch Zumischung von Weiß zu den vorhingenannten Farbentönen deren sämtliche Sättigungsstufen. Wegen dieser Bedeutung von drei Spektralfarben für das Sehen der normalen Individuen bezeichnet man diese vielfach kurz als *Trichromaten*. Die Rotgrünblinden, deren sämtliche Farbenempfindungen sich durch Mischung von zwei Spektralfarben herstellen lassen, heißen dementsprechend *Dichromaten*.

Eine interessante Folgerung endlich entspringt dem dritten Gesetz. Man denke sich eine Farbe von bestimmtem Aussehen auf zwei physikalisch verschiedene Weisen durch Mischung hergestellt. Man hat dann also eine Farbengleichung, auf deren beiden Seiten bestimmte Mengen von Lichtern verschiedener Wellenlängen figurieren. Nun denke man sich die objektive Intensität aller Lichter verdoppelt, verdreifacht, überhaupt gleichmäßig gesteigert. Offenbar ist das dasselbe, als wenn man jene Gleichung wiederholt herstellte und dann die Farben derselben Seite immer wieder durch Mischung vereinigte. Die resultierenden Farben werden hierbei nach dem dritten Gesetz immer wieder gleich aussehen, d. h. also: wenn zwei physikalisch verschieden zusammengesetzte Farben für eine bestimmte objektive

Intensität gleich aussehen, so bleiben sie es auch für stärkere Intensitäten. Darin liegt auch das Umgekehrte, daß eine bei höherer Lichtintensität richtige Farbengleichung noch bestehen bleibt bei Herabminderung der Intensität, und man kann daher den Satz auch formulieren: Farbengleichungen beliebiger physikalischer Zusammensetzung sind unabhängig von der objektiven Lichtintensität.

Eine wichtige Folgerung, aber es läßt sich aus früher Gesagtem schon ableiten, daß sie nicht uneingeschränkt richtig sein kann. Wir sahen vorhin (S. 219), daß bei stärkeren Änderungen der Lichtintensität die von bestimmten Wellenlängen hervorgebrachten Farben durchweg ihr Aussehen ändern. Zum Teil bekommen sie einen anderen Farbenton; namentlich verschieben sich ihre relativen Helligkeiten sehr beträchtlich gegen einander. Bei gleichmäßiger objektiver Verdunkelung sieht Rot unter Umständen schon schwarz aus, wenn ein vorher gleichhelles Grün noch geradezu leuchtend hell erscheint. Wenn dem so ist, und nun Lichter verschiedener Wellenlängen bei einer bestimmten Lichtintensität zu gleich aussehenden Mischungen vereinigt werden, so wäre es offenbar der merkwürdigste Zufall, wenn bei beträchtlichen Änderungen jener Intensität die anfängliche Gleichheit erhalten bliebe. Die Farbenton- und relativen Helligkeitsänderungen der Komponenten auf der einen Seite der Gleichung müßten dann stets genau dieselbe Gesamtgröße haben wie die gleichzeitigen Änderungen der Komponenten der anderen Seite, und das könnte nur bei einer ganz bestimmten inneren Beziehung zwischen der Gesetzmäßigkeit des Purkinjeschen Phänomens und den Gesetzen der Farbenmischung der Fall sein. In der Tat lehrt nun die Beobachtung, daß die Erhaltung von Farbengleichungen bei Intensitätsänderungen des objektiven Lichts nur innerhalb eines größeren Bereichs mittlerer Intensitäten behauptet werden kann, daß sie aber namentlich bei dem Übergange von mittleren zu niederen Intensitätsstufen gänzlich aufhört. (Allein bei dem total Farbenblinden, bei dem es kein Purkinjesches Phänomen gibt, besteht sie durchweg). Mischt man z. B. aus Spektralfarben bei mittlerer Intensität zweierlei Weiß von völlig gleichem Aussehen, das eine aus Rot und Blaugrün, das andere aus Gelb und Blau, und setzt dann die Intensität ganz gleichmäßig für beide Seiten stark herab, so wird das aus Rot und Blaugrün bestehende Weiß beträchtlich heller als das andere. Stellt man die Gleichheit für schwache Intensität her und erhöht diese dann beträchtlich, so hellt sich umgekehrt das aus Blau und Gelb gemischte Weiß schneller auf als das erste. Auch Änderungen der Färbung zeigen sich. Wird ein aus Rot und Blaugrün gemischtes Weiß bei mittlerer Intensität einem alle Wellenlängen enthaltenden gleich gemacht, so wird es bei stärkeren Intensitäten

gelblicher, bei schwächeren bläulicher als dieses. Geradezu drastische Veränderungen lassen sich für Rotgrünblinde herbeiführen. Bei ihrem eingeschränkteren Farbensehen verfügt man über einen viel größeren Reichtum von Farbengleichungen und kann nun die einzelnen Farben leichter so wählen, daß das Purkinjesche Phänomen sich bei Intensitätsänderungen für die beiden Seiten der Gleichung besonders stark in entgegengesetztem Sinne geltend macht. Nimmt man z. B. einerseits das ihnen neutral erscheinende Blaugrün und stellt andererseits dessen aus Rot und Blau gemischte und für sie gleichfalls neutral aussehende Komplementärfarbe Purpur her, beide in gleicher Helligkeit, so muß bei starker Abschwächung des Lichts die Intensität der Rot-Blaumischung auf das 6—8fache erhöht werden, damit die Gleichheit erhalten bleibt. Ja, man kann für einen sogenannten Grünblinden Gleichheit herstellen zwischen einem normal rot und einem normal gelbgrün aussehenden Licht, bei deren gleichmäßiger Abschwächung bis zur Farblosigkeit das Licht mittlerer Wellenlänge an 100mal heller wird als das ihm vorher gleich erscheinende langwellige Licht.

3. Das Farbendreieck. Schon seit der ersten Entdeckung der physikalischen Zusammengesetztheit der Farben durch Newton ist man bemüht gewesen, die diese Abhängigkeit charakterisierenden Mischungsgesetze graphisch zu veranschaulichen. Man wollte also bestimmte Farben durch bestimmte Orte darstellen und zugleich die Entfernungen dieser Farbenorte voneinander so bemessen, daß man ohne weiteres aus den räumlichen Strecken ersehen könne, in welchen Mengenverhältnissen man gewisse einzelne Farben miteinander mischen müsse, um gewisse andere dadurch zu gewinnen. Das leitende Prinzip für eine solche Anordnung wird durch die Mischungsgesetze selbst nahegelegt. Eine aus zwei Komponenten gemischte Farbe ist einer Komponente um so ähnlicher, je mehr diese in der Mischung über die andere überwiegt. Da nun offenbar ähnliche Farben auch räumlich zusammengelegt werden müssen, so muß eine geringe Entfernung zweier Farbenorte voneinander zweckmäßigerweise bedeuten, daß von der einen Farbe relativ viel genommen werden muß, um die andere durch Mischung zu erzeugen. Es müssen mit anderen Worten die Entfernungen den erforderlichen Mischungsquanten umgekehrt proportional sein. Sind z. B., um eine Mischfarbe *c* herzustellen, zwei Teile einer Farbe *a* und ein Teil einer anderen *b* erforderlich, so bekommt *c* seinen Ort auf der Geraden *a b*, doppelt so weit von *b* wie von *a* entfernt. Denkt man sich die zur Herstellung von *c* notwendigen Mengen von *a* und *b* als Gewichte, welche ihren Farbenort beschweren, so liegt *c* im Schwerpunkt des Punkt-

systems *a b*. Damit ist zugleich etwas Weiteres gegeben. Die drei Spektralfarben Rot, Grün und Violett sind, wie wir oben im Anschluß an das zweite Mischungsgesetz sahen, bei weitem am ausgiebigsten, um möglichst zahlreiche andere Farben durch Mischung zu liefern. Da keine von ihnen aus den beiden anderen gemischt werden kann, so können sie in dem Schema nicht in einer geraden Linie liegen, sondern müssen ein Dreieck bilden. Wegen der genannten Ausgiebigkeit ferner werden fast alle anderen Farben in das Innere dieses Dreiecks hineinfallen, jedenfalls wird es größer sein als irgend ein von drei anderen Farben gebildetes Mischungsdreieck.

Welche bestimmten Entfernungen man nun den Orten dieser drei Farben geben will, bleibt willkürlich. Auch die Lage der anderen Farbenorte in bezug auf jene drei (z. B. die Lage des das Weiß repräsentierenden Punktes) hängt noch davon ab, was man als eine Mengeneinheit jener Farben definiert. Man könnte versuchen, diese Bestimmungen so zu treffen, daß dabei zum Teil psychologische Gesichtspunkte berücksichtigt würden, z. B. die drei Eckfarben so zu legen, daß ihre relativen Entfernungen zugleich ein Maß wären für die zwischen ihnen subjektiv unterscheidbaren Farbenstufen. Man hat das indes nicht getan, sondern die freibleibenden Bestimmungen benutzt, um zugleich theoretischen Vorstellungen Ausdruck zu verleihen, auf die ich hier noch nicht eingehen kann.

Um eine Anschauung von der Sache zu geben, füge ich lediglich ein neueres von A. König konstruiertes Farbendreieck bei (Fig. 20).[1] Theoretische Fiktion ist hierbei, daß es drei Farben (Rot, Grün und Blau) von größerer als spektraler Sättigung gebe, die zu gleichen Teilen gemischt Weiß liefern. Legt man diese Farben in die Ecken eines gleichseitigen Dreiecks und also den Ort des Weiß in dessen Schwerpunkt, so ergibt sich als Resultat experimenteller Untersuchungen, daß die Reihe der Spektralfarben durch die stark ausgezogene Kurve dargestellt werden muß. Diese Kurve ist also zugleich

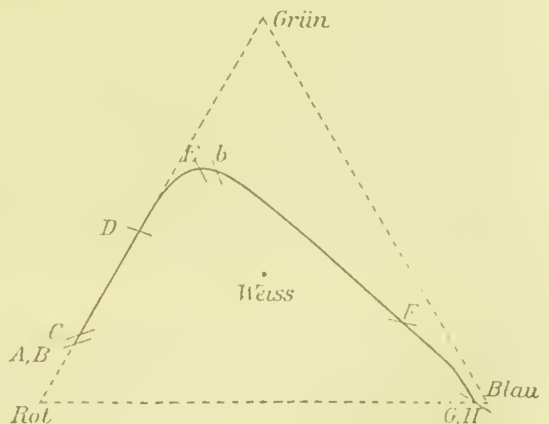


Fig. 20. Farbendreieck (nach A. König).

[1] A. König, Über die neuere Entwicklung von Th. Youngs Farbentheorie. Extrabeilage zur Naturwissenschaftl. Rundschau, 1886, Nr. 50. Dazu Pflügers Archiv, 60, S. 230; 1895.

ein Ausdruck bestimmter beobachteter Mischungstatsachen und daher ganz dienlich, diese Tatsachen selbst anschaulich zu erläutern.

Um zwei zu einander komplementäre Spektralfarben zu finden, verbindet man den Ort der einen mit dem Weißpunkt und verlängert diese Linie, bis sie die Kurve zum zweitenmal schneidet. Man übersieht nun leicht die oben (S. 226) erwähnten Beziehungen zwischen den verschiedenen Paaren von Komplementärfarben. Schreitet man vom langwelligen Ende des Spektrums bis in die Gegend von *D* fort, so ändern sich die zugehörigen Komplementärfarben nur sehr wenig, zumal die Strecke *b F*, in die sie hineinfallen, in dem Dreieck relativ viel mehr auseinandergezogen ist als im Spektrum. Jenseits *D* aber. auf dem Wege nach *E* zu, kehrt sich das Verhältnis um. Für ganz geringe Änderungen der langwelligen Komponente durchläuft die kurzwellige sehr rasch die große Endstrecke des Spektrums von *F* bis *H*, die in Wirklichkeit doppelt soviel Wellenlängen enthält wie die Strecke *EF*. Am langwelligen Ende des Spektrums bis etwa in die Mitte zwischen *D* und *E* sind beliebige Mischungen der Spektralfarben untereinander möglich, ohne daß die Mischfarbe merklich ungesättigter, weißlicher aussieht, als die ihr im Ton gleiche homogene Farbe. Ebenso in der Umgegend von *F*. Das ist der Sinn der Geradlinigkeit der Kurve auf diesen Strecken. Sowie man aber mit der einen Komponente in das Grün hinein oder gar über dieses hinausrückt, entstehen beträchtliche Sättigungsverluste.

Namentlich tritt die besondere Bedeutung der drei Spektralfarben Rot, Grün und Blau-Violett für die Farbenmischungen durch das Schema gut hervor. Mit ihrer Hilfe beherrscht man fast den ganzen Innenraum des Dreiecks, d. h. man kann Weiß und fast alle Zwischenfarben zwischen ihm und den Spektralfarben durch Mischung aus jenen drei hervorbringen. Bei jeder anderen Wahl von Komponenten büßt man erheblich ein. Die oben (S. 220 Anm.) erwähnte Bezeichnung dieser drei Farben als Grundfarben bei einzelnen Theoretikern hat hierin ihren Grund.

Um das Mischungsschema nicht mißzuverstehen, muß man namentlich zwei Punkte berücksichtigen. Erstlich das vorhin Erwähnte, daß es nach den für seine Konstruktion maßgebenden Gesichtspunkten schlechterdings nichts Psychologisches. wenigstens nichts rein Psychologisches, aussagen will, sondern eine bestimmte Beziehung des Psychischen zu seinen äußeren Ursachen. Es hat also gar nichts zu tun mit dem oben (S. 199) konstruierten Farbenoktaëder, oder vielmehr mit dem die Spektralfarben enthaltenden Schrägschnitt durch dieses. Auch bedeutet z. B. die große Entfernung, die in dem Schema zwischen den Orten des spektralen Rot und Violett besteht, durchaus nichts für die Anzahl der unterscheidbaren Zwischenstufen zwischen diesen Farben. Dann muß man sich zweitens der oben mitgeteilten für unsere Farbenwahrnehmung geltenden Beschränkungen

erinnern. Das Farbensehen ändert sich bei starken Änderungen der objektiven Lichtintensitäten. Also kann ein und dasselbe Mischungsschema nicht für alle Intensitäten gelten, sondern nur für ein gewisses Gebiet; und so gilt z. B. das oben mitgeteilte nur für mittlere Lichtstärken. Das Farbensehen ändert sich ferner bei indirekter Betrachtung; es kann also wiederum ein Schema nicht für die ganze Netzhaut gelten, sondern entweder nur, wie das obige, für ihr Zentrum oder für ihre Peripherie. Übelstände entstehen daraus weiter nicht. Nur sind eben für andere Bedingungen Abänderungen des Schemas notwendig, die prinzipiell durchaus keine Schwierigkeiten bieten würden, wenn ihre Verwirklichung sonst wünschenswert erschiene.

§ 20. Abhängigkeit von der räumlichen Verteilung der Reize (Kontrast).[1]

1. Die Tatsachen des Kontrastes. Zerschneidet man ein Blatt grauen Papiers und legt die einzelnen Stückchen oder Streifen auf verschieden gefärbte Gegenstände, Bücherumschläge, Stoffe und dergl., so wird man erstaunt sein, ein wie verschiedenes Aussehen sie teilweise bekommen. Natürlich weiß man, daß die Stückchen „eigentlich" alle gleich sind, d. h. daß sie alle von ein und demselben Blatte stammen und hier dieselbe Helligkeit und dieselbe Färbung hatten; aber trotz dieser Kenntnis kann man sie durchaus nicht alle gleich sehen. Man mag sie so sorgfältig betrachten, wie man will, die Verschiedenheiten der Färbung bleiben bestehen. Ja, wenn man die Stückchen nahe aneinander rückt — indem man dabei natürlich jedes auf seiner Unterlage beläßt —, um möglichst genau vergleichen zu können, so werden die Verschiedenheiten meist erst recht auffallend. Zum Teil liegen diese allerdings daran, daß man beim Besehen jedes einzelnen Stückchens den Blick vielfach über seine nächste Umgebung wandern läßt und hierdurch die Erregbarkeit der betreffenden Netzhautstellen etwas verändert, wovon weiterhin (§ 21) die Rede sein wird; aber zum Teil sind sie doch von solchen Nachbilderscheinungen ganz unabhängig, denn auch bei strenger Fixation

---

[1] Im wesentlichen kommen in Betracht 4 Abhandlungen E. Herings: Über die Theorie des simultanen Kontrastes von Helmholtz. Pflügers Archiv Bd. 40, S. 172; 41, S. 1 und 358; 43, S. 1. Außerdem die oben (S. 195 Anm.) erwähnten „Mitteilungen." — Messende Untersuchungen von Lehmann, Philos. Studien Bd. 3, S. 479. Ebbinghaus, Sitzungsber. d. Berliner Akad. Bd. 49, S. 995. Kirschmann, Philos. Studien Bd. 6, S. 417. Heß und Pretori, Graefes Arch. f. Ophthalm. Bd. 40, 4, S. 1. Pretori und Sachs, Pflügers Arch. Bd. 60, S. 71. L. Koehler, Der simultane Farben- und Helligkeitskontrast usw. Archiv f. d. ges. Psychol. Bd. 2, S. 423; 1904. — Eingehender Bericht über das bisher Bekannte mit reichen Literaturangaben bei A. Tschermak, Über Kontrast und Irradiation. Ergebnisse der Physiologie II. Jahrg. 2. Abt. S. 726; 1903.

des Blicks verschwinden sie keineswegs. Offenbar hängt also das Aussehen eines irgendwie belichteten Feldes nicht bloß von der Beschaffenheit der von ihm selbst ins Auge gelangenden Ätherwellen ab, sondern außerdem auch von der gleichzeitig stattfindenden Reizung der Umgebung oder vielmehr der Nachbarschaft überhaupt. Man bezeichnet diese Erscheinung, deren Analogon auf anderen Empfindungsgebieten bei weitem nicht so auffallend ist wie beim Sehen, als *Kontrast,* auch wohl als Simultankontrast.

Die allgemeine Natur der durch Kontrast herbeigeführten Verfärbungen ist leicht festzustellen. Auf jeder Unterlage, die heller ist als das Grau der Stückchen, werden diese etwas dunkler, auf jeder dunkleren etwas heller. Auf ausgesprochenem Weiß ist die Verdunkelung geradezu auffallend, ebenso auf ausgesprochenem Schwarz die Aufhellung. Ist die Unterlage rot oder rötlich, so bekommt das Grau (abgesehen von etwaigen Helligkeitsänderungen) noch einen Stich ins Grüne; umgekehrt auf grünlichem Grunde einen Stich ins Rote. Blauer Grund bewirkt gelbliche Kontrastfärbung, gelber Grund bläuliche. Allgemein: durch jede Färbung des Grundes wird ein daraufliegendes Grau etwas nach dem Ton der Komplementärfarbe hin, also in der Richtung des größten Gegensatzes, verschoben. Sind die aufgelegten Stückchen nicht rein grau, sondern selbst irgendwie farbig, so bleibt alles wie angegeben; nur mischt sich die durch den Kontrast bedingte Färbung gemäß den allgemeinen Farbenmischungsgesetzen der Eigenfarbe des Stückes bei. Orange z. B. auf rotem Grunde bekommt sozusagen einen Zusatz von Blaugrün und wird also gelber, auf gelbem Grunde dagegen einen Zusatz von Blau, durch den es nach Rot verschoben wird. Legt man ein roteres Orange auf roten und ein gelberes auf gelben Grund, so kann man demnach bei passender Auswahl beide zu völliger Gleichheit bringen. Sind die kontrastierenden Farben selbst komplementär zu einander, so tritt natürlich keine Änderung des Farbentons ein: jede Farbe steigert nur den Sättigungsgrad der anderen, sie heben sich also wechselseitig. Sind dagegen beide von demselben Farbenton, aber an Sättigung oder Helligkeit verschieden, so stumpfen sie sich gegenseitig etwas ab; ist eine der beiden überhaupt nur wenig gesättigt, so kann sie auch wohl ganz neutralisiert werden oder gar in den Ton der Komplementärfarbe umschlagen.

Ein Beispiel hierfür bietet der folgende merkwürdige Versuch. Wenn man ein Auge, z. B. das rechte, von der Seite her belichtet, aber so, daß das Licht nicht direkt in die Pupille fallen und auch das andere Auge nicht erreichen kann (indem man sich mit der rechten Schulter neben ein Fenster oder ein Licht stellt), so erscheint ein weißes Feld auf schwarzem Grunde diesem Auge grünlich

gefärbt. Man überzeugt sich davon leicht, wenn man das Feld mit beiden Augen abwechselnd betrachtet oder die Augen in Schielstellung bringt. Das seitlich einfallende Licht durchdringt die Sclera und Chorioidea, wird durch diese rötlich gefärbt und verbreitet sich dann diffus über die Netzhaut des rechten Auges. Natürlich trifft es auch die Stelle, auf der das weiße Feld abgebildet ist, aber infolge des starken Weißzusatzes ist es hier nur äußerst wenig gesättigt. Die von der ganzen übrigen Netzhaut ausgehende Kontrastwirkung ist daher imstande, die Färbung jener kleinen Stelle nicht nur aufzuheben, sondern sogar ins Komplementäre zu verkehren.

Für das genauere Erkennen der Kontrastwirkungen und ihrer Größe gilt natürlich das oben (S. 223) allgemein über das Erkennen von Helligkeits- und Farbenunterschieden Gesagte. Liegen die einander beeinflussenden farbigen Flächen genau in derselben Ebene, stoßen sie unmittelbar und ohne Trennungslinie aneinander, sind sie endlich möglichst frei von anderen als eben den in Betracht kommenden Färbungsverschiedenheiten (also frei von Verschiedenheiten der Oberfläche, der Textur usw.), so treten die durch den Kontrast hervorgerufenen Gegensätze der Färbung bei weitem deutlicher und drastischer hervor als unter minder günstigen Umständen. Ein besonders gutes Mittel zur Beobachtung der Erscheinungen bieten daher, wie zu genaueren Vergleichungen überhaupt so auch hier, schnell rotierende Scheiben verschiedenen Durchmessers auf derselben Achse. Indem das Korn des Papiers durch die schnelle Bewegung verwischt wird und die Scheiben durch den Luftzug fest gegeneinander gepreßt werden, fallen die Kontrastwirkungen geradezu frappant in die Augen.

Man erkennt an ihnen ohne weiteres zweierlei. Erstens daß sie, wie man ja von vornherein vermuten wird, wechselseitig sind, daß jede Farbe sowohl die benachbarte beeinflußt, wie ihrerseits von dieser beeinflußt wird. Sodann zweitens, daß die Änderung jeder Farbe unmittelbar an der Grenze der benachbarten am stärksten ist und mit zunehmender Entfernung von dieser allmählich abnimmt (*Randkontrast*). Stößt z. B. ein helleres an ein dunkleres Grau, so wird keins von beiden gleichmäßig in seiner ganzen Fläche aufgehellt oder verdunkelt, sondern beide sind von ihrer gemeinsamen Grenzlinie aus wie abschattiert. Das helle ist hier am hellsten, das dunkle am dunkelsten; der Gegensatz zwischen beiden ist da, wo sie aneinanderstoßen, am größten und wird für entfernter liegende Stellen rasch geringer. Werden daher verschiedenfarbige Flächen, wie bei der dekorativen Verwendung der Farben, durch Konturen voneinander getrennt, so tritt ihre wechselseitige Kontrastbeeinflussung aus zwiefachem Grunde stark zurück. Einmal werden durch die Konturen die Kontrastwirkungen da, wo sie am stärksten sein würden, nämlich an der gemeinsamen Grenze der Felder, überhaupt beseitigt. Und zweitens

wird das Erkennen des wechselseitig hervorgerufenen Farbengegensatzes durch die räumliche Trennung der Felder erschwert.

Aber mehr als eine solche Verminderung und Beeinträchtigung der Kontrastwirkungen wird durch die räumliche Entfernung von Farbenflächen nicht herbeigeführt; in abgeschwächter Weise machen sie sich auch noch über größere Zwischenräume hinweg bemerklich. Nähert man rotierenden Scheiben von einer Seite her eine irgendwie anders gefärbte Farbenfläche, so tritt sogleich an dem betreffenden Rande eine leichte Verfärbung auf, die bei größerer Annäherung stärker und ausgebreiteter wird und bei geringerer wieder zurückgeht. Man wird daher allgemein sagen müssen, daß im Grunde die jeweilige Ausfüllung jeder Stelle des Gesichtsfeldes nicht ganz bedeutungslos ist für die Beschaffenheit der an allen anderen Stellen zustande kommenden Farbeneindrücke, obschon allerdings bei größeren Entfernungen der Stellen diese Beeinflussungen praktisch unmerklich sind. Daraus folgt u. a., was auch direkt experimentell nachgewiesen ist, daß unter sonst gleichen Umständen die Kontrastwirkungen eines ausgedehnten Grundes um so stärker sein müssen, je kleiner die Felder sind, auf denen sie zur Geltung kommen. Jedes Feld erleidet, genau genommen, Einwirkungen von sämtlichen Stellen des umgebenden Grundes. Diese Einflüsse sind aber um so zahlreicher und müssen sich um so mehr häufen, je weniger Raum das Feld selbst einnimmt. Unter jenen Einwirkungen sind ferner diejenigen besonders stark, die aus der näheren Umgebung, also aus einer Zone von einer gewissen Breite herrühren. Eine gleichbreite Zone aber, die eine andere Fläche umgibt, ist im Verhältnis zu dieser um so größer, je geringere Ausdehnung die Fläche hat. Eine Scheibe von 6 mm Radius hat beinahe dreimal soviel Flächeninhalt wie ein sie umgebender Ring von 1 mm Breite. Bei einer Scheibe von 1 mm Radius dagegen ist umgekehrt ein umgebender Ring von 1 mm Breite dreimal so groß wie die eingeschlossene Fläche. Sowohl die entfernteren wie die näheren Kontrastwirkungen sind also bedeutend zahlreicher und stärker bei kleinen als bei großen Feldern. So kann es z. B. kommen, daß geringe Helligkeitsschwankungen einer großen Fläche nahezu oder völlig unbemerkt bleiben, während die durch sie hervorgerufenen Kontrastschwankungen auf einem kleinen von ihr umschlossenen und objektiv unverändert bleibenden Felde sich dem Bewußtsein stark aufdrängen.

Ein anderes, obschon minder wirkungsvolles Mittel zur Verdeutlichung der Kontrasterscheinungen besteht darin, daß man die verschiedenfarbigen Flächen unter eine gemeinsame durchscheinende Decke bringt, z. B. unter Seidenpapier oder noch besser unter Matt-

glas. Legt man auf ein sattgefärbtes Papier eine kleine graue Scheibe und dann über beide ein Blatt weißes Seidenpapier, so erkennt man die Kontrastfärbung des Grau merklich deutlicher, als wenn man es mit Weglassung des Seidenpapiers direkt ansieht (*Meyerscher Versuch*). Diese Wirkung der durchscheinenden Decke besteht lediglich darin, daß sie die etwaige Umrandung der Farbenflächen aufhebt und ihnen zugleich sozusagen dieselbe Oberfläche gibt; ganz wie auch sonst geringe Verschiedenheiten farbiger Flächen unter einem aufgelegten Mattglas vielfach besser erkannt werden als bei direkter Betrachtung. Die durch das Seidenpapier bewirkte Sättigungsverminderung der Farbe des Grundes dagegen ist der Kontrastwirkung nicht etwa förderlich, wie man wohl behauptet hat, sondern vielmehr hinderlich. Denn legt man die graue Scheibe oben auf das die satte Fläche bedeckende Seidenpapier (sodaß sie also von der abgeschwächten Farbe beeinflußt wird, aber unter Erhaltung trennender Konturen), so ist jetzt der Kontrast erheblich schwächer, als wenn sie direkt und ohne Seidenpapier auf dem satten Grunde liegt.

Am schönsten und überraschendsten machen sich die Kontraste (wie schon Goethe in der ersten Abteilung seiner Farbenlehre eingehend beschreibt) bei Schatten geltend, bei denen eben Konturen und Ungleichheiten der Fläche am vollkommensten vermieden sind. Jedermann hat schon beobachtet, wenn er bei Mondlicht an einer Straßenlaterne vorüberkam, wie der von der Laterne geworfene und vom Monde beschienene Schatten unzweifelhaft blau aussah. Da das Mondlicht annähernd weiß ist, so beruht die Färbung des Laternenschattens, soweit Nachbildwirkungen ausgeschlossen sind, allein auf dem Kontrast gegen seine gelb beschienene Umgebung. In großer Sättigung und Schönheit kann man solche farbigen Schatten mit Hilfe von bunten Gläsern erzeugen. Man entwerfe von einem vertikalen Stab mit Hilfe eines Lichts und eines seitlich davon aufgestellten Spiegels zwei Schatten nebeneinander an derselben Wand. Dann bringe man in den Weg der direkt von dem Licht auf den Stab fallenden Lichtstrahlen eine sattgefärbte, z. B. rote Glasplatte. Der von dem gespiegelten Lichte herrührende und von den direkten Strahlen beschienene Schatten färbt sich dadurch natürlich intensiv rot; zugleich aber wird der andere Schatten intensiv grün, und zwar ist die Sättigung dieses Grün unter günstigen Umständen keineswegs geringer als die jenes Rot. Den gemeinsamen Grund beider Schatten bildet die gleichzeitig von rotem und von annähernd weißem Licht erhellte Wandfläche. Auf diesem Grunde muß der eine, ausschließlich von rotem Licht getroffene Schatten durch Kontrast eine gewisse Einbuße an Sättigung erleiden, während der andere, ausschließlich weiß be-

leuchtete, eine komplementäre Färbung bekommt und diese nun, vermöge seiner geringen Breite gegen die Ausdehnung des Grundes, ferner vermöge seiner Konturlosigkeit und seines vollkommenen Hineinfallens in die Fläche des Grundes, in besonders großer Sättigung zeigt. Ähnlich wie mit Schatten erzielt man auch durch Projektion farbiger Gläser an eine Wand prachtvolle Kontrastfärbungen.

Man hat in neuerer Zeit angefangen, die Größe der Kontrastwirkungen sowohl hinsichtlich der bloßen Helligkeits- wie auch der Farbenänderungen messend zu bestimmen. Für den bloßen Helligkeitskontrast hat sich dabei eine überraschend einfache Gesetzmäßigkeit herausgestellt. Wenn man nämlich absieht von sehr kleinen wie auch von sehr großen Unterschieden der kontrastierenden Helligkeiten, so sind die Kontrastaufhellungen sowohl wie die Kontrastverdunkelungen annähernd direkt proportional den Helligkeitsdifferenzen zwischen Kontrastfeld und Grund, d. h. die Helligkeitsveränderung des Kontrast leidenden Feldes ist so, als ob seine objektive Lichtintensität um einen bestimmten und stets gleichen Bruchteil der Helligkeitsdifferenz zwischen ihm und dem Kontrast erregenden Grunde vermehrt oder vermindert würde und dann kein Kontrast stattfände.[1]

Die Größe dieses Bruchteils läßt sich natürlich nicht allgemein angeben; sie hängt von den schon erwähnten Umständen ab, wie Ausdehnung der Kontrast erregenden Umgebung, Deutlichkeit der Konturen usw. Allemal aber scheinen unter sonst gleichen Umständen die Kontrastverdunkelungen etwas stärker zu sein als die Kontrastaufhellungen. Kleine Muster auf ausgedehntem Grunde heben sich also bei gleichen Intensitätsverhältnissen besser ab, wenn sie dunkel auf hell als wenn sie hell auf dunkel dargestellt sind. Bei sehr kleinen Helligkeitsverschiedenheiten zwischen den kontrastierenden Feldern sind die Kontraste merklich größer, als nach der für mittlere Unterschiede geltenden Proportionalität zu erwarten wäre: objektiv einander nahestehende Helligkeiten werden also durch den Kontrast verhältnismäßig stark auseinander getrieben. Bei sehr großen Unterschieden dagegen ist das Umgekehrte der Fall; die Kontraste sind absolut genommen zwar gleichfalls groß, wachsen aber mit zunehmender Größe der Unterschiede immer langsamer.

Für den Farbenkontrast gilt in der Hauptsache Ähnliches wie für den Helligkeitskontrast, obwohl es vielfach in Abrede gestellt und in der Tat nicht leicht zu erkennen ist: mit zunehmender

[1] Für das Aussehen der durch Kontrast veränderten Helligkeiten kommt natürlich zugleich das Webersche Gesetz (§ 45) in Betracht, d. h. die Tatsache, daß gleiche objektive Helligkeitszuwüchse um so weniger merklich werden, je größer die vorhandenen Helligkeiten bereits sind.

Sättigung der Kontrast erregenden Farbe nimmt auch die Sättigung der Kontrastfarbe immer weiter zu. Die sattesten Farben bewirken also die stärksten Kontraste. Aber zwischen den beiderseitigen Zunahmen besteht nun nicht etwa annähernde Proportionalität. Sondern bei geringen Sättigungsgraden des Kontrast weckenden Feldes tritt die Kontrastfarbe bereits in verhältnismäßig großer Stärke hervor; im Gegensatz zu der schwachen erregenden Färbung macht sie sich daher auch für das Bewußtsein sehr deutlich geltend, sie fällt stark auf. Von den mittleren bis zu den stärksten Sättigungsgraden des erregenden Feldes ist dann die weitere Zunahme der Kontrastfärbung nur gering, obwohl sie, wie namentlich Koehler festgestellt hat, nie ganz zum Stillstand kommt. Weiter ist für den Farbenkontrast noch zu beachten, daß er durch ungeeignete Wahl der Helligkeiten leicht verdeckt wird. Ist z. B. das Kontrast leidende Feld merklich heller oder dunkler als das Kontrast erregende, so erleidet es zugleich auch einen starken Helligkeitskontrast; es wird also gleichzeitig mit der Farbentonänderung noch dem Weiß oder Schwarz näher gerückt. Auf Weiß aber ist die Wirkung des Farbenkontrastes überhaupt sehr geringfügig, weil Weiß starker Farbenzumischungen bedarf, um merklich gefärbt zu werden, und auf Schwarz wird sie meist verdrängt durch eine andere, ihr entgegenwirkende Erscheinung, die *Irradiation*. Jedes in das Auge fallende Licht wird wegen der Trübung der Augenmedien zu einem kleinen Teile unregelmäßig zerstreut, namentlich über die Nachbarschaft der belichteten Netzhautpartie. Empfängt nun diese Nachbarschaft weiter kein objektives Licht, so kommt die diffuse Färbung auf ihr relativ stark zur Geltung, um so mehr natürlich, je stärker die Belichtung ist, und dadurch kann dann die durch Kontrast hervorgerufene Komplementärfarbe entweder ganz neutralisiert oder gar überboten werden. D. h. ein schwarzes Feld auf farbigem Grunde erscheint in der Regel aus rein physikalischen Gründen nicht in der Kontrastfarbe, sondern mit einem leichten Anflug von der Farbe des Grundes selbst. Um also die Kontraste nicht unter zu ungünstigen Umständen zu beobachten, muß man für annähernd gleiche Helligkeiten der kontrastierenden Felder sorgen.

Im Zusammenhang mit dem Kontrast steht vermutlich auch die Tatsache, daß sehr kleine bunte Felder auf weißem oder schwarzem Grunde farblos erscheinen. Sie können allerdings noch farbig gesehen werden, wie das Beispiel der farbigen Fixsterne beweist, aber nur bei relativ großer Lichtstärke und Sättigung. Gewöhnliche Pigmentfarben dagegen sehen unter sehr kleinem Gesichtswinkel neutral aus. Durch die Einwirkung der ganzen übrigen Retina auf das kleine Feld wird ein sehr starker Kontrasteffekt hervorgebracht. Das Feld wird also auf schwarzem Grunde relativ stark aufgehellt, auf weißem stark ver-

dunkelt. Dadurch aber muß nach dem eben Gesagten die Merklichkeit seiner Eigenfarbe wesentlich beeinträchtigt werden.

2. Zur Theorie des Kontrastes. Das Zustandekommen der Kontrasterscheinungen beruht unzweifelhaft auf einer Wechselwirkung der Erregungen irgendwo innerhalb des Sehorgans, d. h. innerhalb des Auges und der ihm zugehörigen Zentralgebilde. Indem eine Stelle des Organs von einem bestimmten Reiz getroffen wird und diesen entsprechend beantwortet, werden zugleich in dem ganzen übrigen Organ, am stärksten in der unmittelbaren Nachbarschaft jener Stelle, solche Prozesse ausgelöst, wie wenn antagonistische Reize darauf einwirkten. Diese Auffassung der Sache ist im ganzen auch stets die herrschende gewesen. Schon Goethe vertritt sie, im Gegensatz zu der gemeinen Meinung, die in diesen Erscheinungen eine Art Illusion oder Sinnestäuschung erblickt. Die unter Umständen beträchtliche Größe der durch Kontrast verursachten Farben- und Helligkeitsänderungen, ihr Standhalten bei sorgfältigster und genauester Vergleichung, ihre Unabhängigkeit von der Erfahrung und von jedem Wissen über das objektiv „eigentlich" Vorhandene, alles dies weist von vornherein entschieden darauf hin, daß es sich hier um ein direkt in der sinnlichen Organisation wurzelndes Phänomen handelt.

Immerhin haben auch abweichende Anschauungen ihre Vertreter gefunden, und namentlich ist von Helmholtz die Durchführung einer anderen Deutung der Erscheinungen versucht worden. Helmholtz ist der Meinung, daß der Kontrast nicht auf einer Veränderung der Empfindung, sondern vielmehr auf einer irrigen Beurteilung der Eindrücke beruhe, die uns durch das Sinnesorgan vollkommen entsprechend den objektiven Reizen zugeführt werden, daß er ein Ergebnis höherer psychischer Tätigkeiten sei. Für das Zustandekommen solcher Urteilstäuschungen konkurrieren nach ihm mehrere Momente; man kann ihrer in seiner Darstellung drei unterscheiden. Erstens sei es ein allgemeines Gesetz unseres Wahrnehmens, daß wir deutlich und sicher erkannte Unterschiede für größer halten als unsicher wahrgenommene oder solche, die wir nur mit Hilfe der Erinnerung beurteilen. Ein mittelgroßer Mensch kommt uns klein vor, wenn wir ihn neben einem größeren sehen, groß dagegen, wenn er neben einem kleineren steht. Ähnlich sollen uns also zwei Farben, die unmittelbar aneinander grenzen und infolge des Fehlens von Konturen oder Oberflächenverschiedenheiten sehr genau miteinander verglichen werden können, stärker verschieden und voneinander abstechend erscheinen als unter anderen Umständen; wir sehen sie gleichsam nach entgegengesetzten Richtungen voneinander weggerückt. Natür-

lich unterliegen wir einer solchen Täuschung leichter bei kleinen als bei großen Unterschieden; demgemäß seien auch, wie Helmholtz meint, die Kontrasterscheinungen bei geringen Verschiedenheiten der kontrastierenden Felder deutlicher als bei großen.

Eine zweite Veranlassung irriger Beurteilung erblickt er darin, daß wir die Tendenz haben, eine jeweilig im Gesichtsfelde vorherrschende Farbe, die dem Weiß nahesteht, für wirkliches Weiß zu halten. Die Tatsache ist ja wiederum bekannt (s. darüber S. 247): ein Tischtuch erscheint uns immer gleich weiß, bei dem Lampenlicht des Abends so gut wie unter dem blauen Himmel oder im Schatten einer umwachsenen Laube, obwohl es, verglichen mit dem Sonnenlicht, bald einen starken Überfluß an gelben, bald einen mäßigen Überschuß an blauen oder grünen Strahlen in unser Auge sendet. Durch diese Verschiebung unseres Urteils über Weiß sollen wir nach Helmholtz nun irregeführt werden bei der Beurteilung der übrigen im Gesichtsfelde vorhandenen Farben und von allen einen etwas veränderten Eindruck bekommen. Wenn wir z. B. ein rötliches Weiß für reines Weiß halten, so heißt das, wir übersehen ein gewisses Quantum roter in dem objektiven Licht enthaltener Strahlen. Tun wir das allgemein, so muß ein in Wahrheit neutrales und sonst für Weiß erklärtes Strahlengemisch jetzt grünlich aussehen, und alle anderen Farben müssen etwas nach Grün hin verschoben erscheinen, wie es ja in der Tat auf einem rötlich-weißen Grunde der Fall ist. Ist die vorherrschende Farbe relativ satt, so können wir uns natürlich nicht mehr über ihren wahren Charakter irren und sie selbst falsch beurteilen. Immerhin soll sie uns noch so weit beeinflussen, daß wir eine minder satte Nuance desselben Tons schon für Weiß halten und im ganzen also doch in der gleichen Weise getäuscht werden. Daraus soll es denn zu verstehen sein, daß auch auf sattem Grunde noch Kontrastwirkungen zustande kommen, wenn sie auch merklich schwächer seien als bei geringerer Sättigung.

Ein drittes Moment endlich zieht Helmholtz lediglich zur Erklärung solcher Tatsachen heran wie des oben beschriebenen Meyerschen Versuchs (S. 237) und auch da nur zur Unterstützung der anderen Täuschungsgründe. Das über einen farbigen, z. B. grünen Grund gebreitete Seidenpapier sehen wir nach seiner Meinung als eine farbige durchscheinende Decke. Wo nun das graue Scheibchen unterliegt, haben wir keine Veranlassung, die augenscheinlich doch zusammenhängende Decke für unterbrochen zu halten; wir glauben also auch an dieser Stelle den grünlichen Überzug zu sehen. Tatsächlich aber empfangen wir von ihr neutrales Licht, und das läßt sich nun nicht anders vereinigen, als daß wir die durchschimmernde

Scheibe für komplementär gefärbt, nämlich für rosenrot halten. Denn in der Tat würde ein rotes Objekt durch eine grünliche Decke hindurchschimmernd weißes Licht in das Auge senden.

Indes trotz dieser Vielheit der Gesichtspunkte kann man die Zurückführung der Kontrasterscheinungen auf höhere psychische Vorgänge, irrige Tendenzen und dergl. auf keine Weise als richtig gelten lassen. Sie hat ihren Halt — wenn man absieht von einer tieferen Beziehung zu der allgemeinen Helmholtzschen Theorie des Farbensehens (§ 22) — in der anscheinenden Schwierigkeit zu erklären, weshalb geringe objektive Verschiedenheiten der Kontrastfelder und geringe Sättigung des Kontrast erregenden Grundes dennoch oft starke Wirkungen hervorbringen können, bisweilen stärker als größere Verschiedenheiten und größere Sättigungsgrade. Diese Schwierigkeit aber besteht gar nicht, denn die behaupteten Tatsachen beruhen auf irriger Beobachtung. Sind die übrigen Umstände gleich, so nehmen die Kontrastwirkungen mit zunehmender Verschiedenheit zwischen Kontrastfeld und Grund sowie mit zunehmender Sättigung des Grundes gleichfalls zu, und zwar in durchaus regelmäßiger Weise, unabhängig von allen möglichen Nebenvorstellungen, die man dabei noch haben oder nicht haben mag. Alle anscheinenden Abweichungen hiervon beruhen darauf, daß eben die übrigen Umstände nicht genügend gleich waren. Ein solches Verhalten nun ist begreiflich, wenn es sich um wechselseitige Beeinflussung der Erregungen handelt, nicht aber wenn um irrige Beurteilungen. Denn, wie Helmholtz selbst genügend hervorhebt, bei wachsender Größe objektiver Gegensätze wird die Möglichkeit einer Irreleitung des Urteils über sie immer geringer und hört schließlich ganz auf. Ein mittelgroßer Mensch neben einem kleineren sieht groß aus, neben einer Puppe erscheint er völlig wie unter seinesgleichen.

Die Helmholtzschen Gesichtspunkte der Erklärung also sind unzulänglich, weil sie die ganze Breite der Erscheinungen, und zwar gerade die Fälle stärkster Kontrastwirkungen, gar nicht zu umfassen vermögen. Allein sie können auch nicht einmal nebenher in Betracht kommen, woran man vielleicht denken könnte, sodaß also eine aus anderen Gründen entstehende Wirkung unter Umständen aus den von Helmholtz angeführten psychologischen noch verstärkt würde; sie erklären im Grunde die Erscheinungen überhaupt nicht. Die an dritter Stelle angeführte Erklärung des Meyerschen Versuchs aus der Vorstellung einer zusammenhängenden farbigen Decke zerfällt ohne weiteres, wenn man sie an der Anschauung prüfen will. Denn beim besten Willen, sich in die Helmholtzsche Auffassung zu versetzen, vermag man an der Stelle der grauen Scheibe nicht zwei

Farben übereinander zu sehen, die eine als Färbung der Decke und die andere dazu komplementäre als Farbe der Scheibe; man sieht die Scheibe in der Komplementärfarbe ihrer Umgebung, weiter nichts. Die zweite Erklärung, aus dem Vorherrschen einer Farbe und einer dadurch bedingten Irreleitung in der Beurteilung des reinen Weiß, ist ebensowenig stichhaltig. Denn die Kontraste bleiben bestehen, auch wenn alle in Betracht kommenden Farben in völlig gleichen räumlichen Abmessungen im Gesichtsfelde vorhanden sind, sodaß also von einer vorherrschenden Farbe in keiner Weise die Rede sein kann. Sie bleiben ferner bestehen, wenn dafür gesorgt ist, daß reines Weiß oder überhaupt neutrale Farben sich gleichfalls im Gesichtsfelde befinden, und zwar so, daß sie nicht nur da sind, sondern auch als solche anerkannt werden, wenn also auch von einer Irreleitung in ihrer Beurteilung durchaus keine Rede sein kann.

Die eigentliche Last der Erklärung ruht somit auf dem ersten Moment, auf der Überschätzung deutlich wahrgenommener Unterschiede. Dieses aber erklärt zu wenig. Eine graue Scheibe auf gelbem Grunde sieht bläulich aus. Zugegeben, daß ich deutlich gesehene Unterschiede zu überschätzen geneigt sei, wieso muß das hier dazu führen, daß ich die Scheibe gerade blau sehe? Etwa weil Blau die Farbe größten Gegensatzes zu Gelb ist? Aber ich sehe doch gar nicht den größten Gegensatz. Die Färbung des Grau bleibt von sattem Blau noch außerordentlich weit entfernt; ich sehe sie nur verschoben in der Richtung auf den größten Gegensatz hin. An und für sich aber könnte der Gegensatz, den ich wirklich sehe, in derselben Größe auch durch ein Rot- oder Grün- oder Braunwerden der Scheibe hervorgebracht werden. Warum wird nun von diesen zahlreichen Möglichkeiten zur Befriedigung meiner Überschätzungstendenz gerade diese eine des komplementären Blau verwirklicht? Außerdem: was weiß denn der gewöhnliche Mensch, was wissen die Kinder von Komplementärfarben und Farben größten Gegensatzes? Sie alle aber unterliegen dem gleichen unausweichlichen Zwange, ein Grau auf farbigem Grunde nach dessen Komplementärfarbe hin verschoben zu sehen. Hier bleibt offenbar nur eine Möglichkeit des Verständnisses: wie es eine letzte Eigentümlichkeit des Gesichtsorgans ist, komplementäre Erregungen, die ein und dieselbe Stelle seiner Netzhaut treffen, zu dem Eindruck Weiß zu vereinigen, so ist es auch eine letzte und nicht erst auf Erfahrungen und allerlei Irreleitungen beruhende Eigentümlichkeit dieses Organs, die Erregung jeder einzelnen Stelle mit einer komplementären Erregung der Nachbarschaft zu beantworten.

Besonders deutlich gegen jede Urteilstheorie sprechen namentlich solche Fälle, in denen Kontrastwirkungen wahrgenommen werden, ohne daß ihre objektiv

vorhandenen und auf das Auge einwirkenden Ursachen subjektiv überhaupt zum Bewußtsein kommen. So z. B. das oben (S. 236) erwähnte subjektive Flackern eines kleinen Feldes infolge der völlig unmerklichen Helligkeitsschwankungen seiner ausgedehnten Umgebung. Ferner einige merkwürdige Versuche Sherringtons mit rotierenden Scheiben (Reciprocal Action in the Retina etc. Journ. of Physiol. 21, S. 33. 1897). Auf einer halb schwarzen halb weißen Scheibe z. B. ist ein Ring angebracht, gleichfalls halb schwarz und halb weiß, aber so, daß seine weiße Hälfte auf der schwarzen Seite des Grundes liegt und umgekehrt. Bei rascher Rotation sieht die Scheibe entsprechend der physikalischen Gleichheit von Ring und Grund gleichförmig grau aus; bei einer gewissen geringeren Geschwindigkeit aber ist der Grund schon völlig gleichförmig, während der Ring noch flimmert. Seine beiden Hälften werden durch Kontrast gegen die gar nicht getrennt wahrgenommenen Hälften des Grundes disparater als diese Hälften des Grundes selbst und bedürfen daher, um zu verschmelzen, einer höheren Tourenzahl (s. S. 260).

Die Unrichtigkeit der Helmholtzschen Kontrasttheorie ist zuerst und am eingehendsten von Hering dargetan worden. Er führt seinen Beweis zum Teil auf Grund von Nachbilderscheinungen, die wir sogleich noch kennen lernen werden (S. 255). Im ganzen sind seine Argumente durchgedrungen und haben die Vorstellung einer physiologischen Wechselwirkung der Erregungen als des einzig möglichen Grundes der Kontrastphänomene wiederhergestellt.

Zugleich hat Hering (nach dem Vorgange Machs) die Aufmerksamkeit darauf gelenkt, daß wir in diesen Phänomenen nicht eine bedeutungslose Kuriosität zu erblicken haben, sondern eine sinnvolle und dem Sehakt in mehrfacher Hinsicht förderliche Einrichtung. Diese Zweckmäßigkeit besteht zunächst darin, daß infolge des Kontrastes „die Umrisse der Außendinge sich mit besonderer Kraft in unser Bewußtsein drängen, was für die rasche Auffassung der Form der Dinge von großer Bedeutung ist". An und für sich würde das unregelmäßig zerstreute Licht, von dem namentlich die helleren Netzhautbilder umgeben sind (S. 239), die Färbungen der Dinge gerade in der Nähe ihrer Grenzlinien einander ähnlicher machen und diese also verwischen. Durch den Kontrast wird das nicht nur verhütet, sondern da, wo die Dinge zusammenstoßen, sogar noch eine stärkere Verschiedenheit ihrer Färbungen hervorgebracht, als in den objektiven Reizen allein begründet ist. Er hat also die Bedeutung einer physiologischen Korrektur der in der Irradiation sich äußernden physikalischen Unvollkommenheit unseres Sehapparats. Eine weitere Förderung erfährt das Sehen infolge des Kontrastes bei den unaufhörlichen Wanderungen des Blicks über die Außendinge. „Wie auch das Bild eines hellen Objektes auf der Netzhaut wandert, immer trifft es die Stelle, auf welche es übertritt, gleichsam zu seinem Empfange vorbereitet." Indem jeder Reiz in der Umgebung der von ihm getroffenen Stelle eine seiner direkten Wirkung entgegengesetzte Er-

regung hervorruft, ist natürlich auch der Umschlag der Erregungen um so größer und dadurch merklicher, wenn der Reiz jetzt die erste Stelle verläßt und die Umgebung selbst trifft. Abgesehen aber von solchen konkret angebbaren Vorteilen ist überhaupt zu sagen, daß sich das Auge durch die Kontrastreaktionen als ein einheitliches, in allen seinen Teilen in reger Wechselwirkung stehendes Organ erweist, das jeden Angriff auf eine einzelne Netzhautstelle in allen übrigen, je nach ihren näheren oder ferneren Beziehungen zu jener, mitempfindet und von allen übrigen aus mitbeantwortet.

§ 21. Abhängigkeit von den zeitlichen Verhältnissen der Reize (Adaptation und Nachbilder).

Die Empfindungen, kann man im allgemeinen sagen, entstehen mit dem Auftreten der äußeren Reize, verharren, während die Reize andauern, und verschwinden wieder mit dem Aufhören ihrer Einwirkung. Indes bei genauerem Zusehen zeigt sich, daß damit die Verhältnisse doch nur ganz im groben bezeichnet sind, und daß sie in Wahrheit in allen jenen Beziehungen durchaus nicht so einfach liegen. Namentlich auf dem Gebiete des Sehens ist dies der Fall: die Gesichtseindrücke entstehen nicht völlig gleichzeitig mit dem Beginn der objektiven Reizung, sie bleiben nicht unverändert bestehen, wenn der Reiz gleichförmig fortwirkt, und sie verschwinden endlich nicht sogleich wieder mit dem Aufhören ihrer objektiven Ursache. Der eingehenden Untersuchung ihres Verhaltens in diesen drei Hinsichten sind in den letzten Jahren zahlreiche Arbeiten gewidmet worden. Aber die Dinge sind zum Teil so verwickelt, zum Teil so schwierig zu beobachten, wegen ihrer Flüchtigkeit und ihrer fortwährenden Veränderung, daß über viele Einzelheiten noch keine Übereinstimmung erzielt worden ist. Eine kurze Darstellung kann also zumeist nur den allgemeinen Charakter der Erscheinungen vorführen.

1. Das Anklingen der Empfindung.[1] Praktisch ohne besondere Bedeutung, aber theoretisch von einigem Interesse ist die Tatsache, daß die Gesichtseindrücke, verglichen z. B. mit Tönen oder Tastempfindungen, ziemlich langsam zustande kommen, daß sie erst

[1] Charpentier, Réaction oscillatoire de la rétine. Archives de physiologie, 1892 S. 541. G. Martius, Über die Dauer der Lichtempfindungen. In s. Beiträgen z. Psychol. 1, S. 326; 1902. Dürr, Über das Ansteigen der Netzhauterregungen. Philos. Stud. 18, S. 214; 1902. Hess, Untersuchungen über den Erregungsvorgang im Sehorgan usw. Pflügers Arch. 101, S. 242; 1904.

im Verlauf eines kleinen Zeitintervalls zu dem Maß von Helligkeit und Sättigung anschwellen, das ihnen bei dem jeweiligen Reiz überhaupt erreichbar ist. Betrachtet man eine weiße Scheibe auf dunklem Grunde durch einen schnell vor dem Auge vorübergeführten schmalen Schlitz oder durch einen photographischen Momentverschluß, so erscheint sie grau, und zwar um so dunkler, je kürzer die Dauer ihrer Sichtbarkeit war. Bei den bunten Farben verhält es sich ebenso, nur sind sie bei kurzdauernder Betrachtung nicht bloß dunkler, sondern zugleich auch ungesättigter, stumpfer, und bei den allerkürzesten Einwirkungszeiten ihrer Reize erscheinen sie, vielleicht mit Ausnahme von Rot, völlig farblos.

In der Angabe bestimmter Zeitwerte für dieses *Anklingen* gehen verschiedene Beobachter weit auseinander. Nach Martius brauchen schwächste Lichtintensitäten etwa $^1/_{11}$ Sek., um das ihnen mögliche Empfindungsmaximum zu erreichen. Bei größeren Intensitäten aber genügen immer geringere Zeiten. Für die Helligkeit eines von schwachem Tageslicht beschienenen Weiß ist nur mehr $^1/_{60}$ Sek. erforderlich; bei dem gewöhnlichen Sehen also kommt das Anklingen gar nicht mehr in Betracht. Nach Dürr dagegen bedarf es beträchtlich längerer Zeiten, nämlich $^1/_4$ Sek., und zwar gleichmäßig für schwache und starke Lichtintensitäten. Weiter verwickelt wird die Sache durch den Befund von Charpentier und Hess, daß es sich bei dem Entstehen der Lichtempfindungen, wenigstens bei Bewegung des objektiven Reizes, überhaupt nicht um ein einfaches allmähliches Anschwellen, sondern um oszillatorische Prozesse handelt. Der plötzlich auftretende und dann über die Retina fortbewegte Reiz bewirkt zunächst eine verhältnismäßig starke Helligkeit, der alsbald ein starker Abfall der Erregung nachfolgt. Unter Umständen wiederholt sich eine solche Schwankung noch einmal, und dann erst folgt eine annähernd gleichmäßige Helligkeitsempfindung. Bei starker Belichtung ist auch für den Ungeübten wenigstens eine dieser Schwankungen leicht erkennbar. Man fixiere mit einem Auge (bei Verschluß des anderen) irgend eine Stelle eines mäßig hellen Grundes und führe dann einen weißen Karton so durch das Gesichtsfeld, daß er dabei von der Sonne beschienen wird. Dann sieht man parallel dem vorderen Rande des Kartons erst einen sehr hellen weißen und dahinter in ziemlich scharfer Begrenzung einen schwarzen Streifen, der bei schnellerer Bewegung breiter wird und zugleich von dem Rande wegrückt.

2. Adaptation und negative Nachbilder.[1] Tritt man aus dem Hause oder gar aus einem Keller heraus auf die sonnen-

[1] E. Hering, Über die von v. Kries wider die Theorie der Gegenfarben erhobenen Einwände. Pflügers Arch. Bd. **42**, S. 488; **43**, S. 264 u. 329. Hess, Über die Tonänderungen der Spektralfarben durch Ermüdung der Netzhaut mit homogenem Licht. Graefes Arch. f. Ophthalm. **36**, 1, S. 1; 1890. Martius, Das Gesetz des Helligkeitswertes der negativen Nachbilder. Beiträge zur Psychol. **1**, S. 17; 1896. Wirth, Der Fechner-Helmholtzsche Satz über negative Nachbilder usw. Philos. Stud. **16**, S. 465; **17**, S. 311; **18**, S. 563; 1900—1902. — Piper, Über Dunkeladaptation. Zeitschr. f. Psychol. usw. **31**, S. 161; 1903. Nagel u. Schaefer, Über das Verhalten der Netzhautzapfen bei Dunkeladaptation des Auges. Ebda **34**, S. 271; 1904.

beschienene Straße, so sieht man zuerst fast alle Gegenstände in blendender Helligkeit. Allmählich läßt dieser Eindruck nach, die Dinge werden sichtlich minder hell, und nach einer Weile findet man selbst die hellsten unter ihnen, weiße Wolken, weiße Kleider u. dergl., ganz erträglich. Die gleiche Beobachtung macht man bekanntlich auch in umgekehrter Richtung. Verläßt man des Abends gut beleuchtete Räume, um den Weg nach Hause anzutreten, so erscheint die Landschaft oft von einer undurchdringlichen Schwärze; man begreift nicht, wie man da seinen Weg finden solle, zumal er weiterhin noch auf eine Strecke durch den Wald führt. Ist man erst eine Zeitlang draußen, so zeigt sich, daß alles besser geht, als man gedacht, und man konstatiert oft mit Verwunderung, daß die Nacht im Grunde gar nicht einmal besonders dunkel ist.

Die auf das Auge einwirkenden äußeren Reize bleiben in diesen Fällen zwar nicht ganz konstant, sind aber längere Zeit hindurch doch sehr gleichartig, das eine Mal durchweg relativ hohe, das andere Mal durchweg geringe Lichtintensitäten. Trotzdem verschieben sich die von ihnen hervorgerufenen Eindrücke allmählich. Von den äußersten Enden der Skala unserer Helligkeitsempfindungen rücken sie fort und nähern sich von beiden Seiten um ein beträchtliches Stück der Gegend mittlerer Helligkeiten; das anfänglich Helle wird allmählich dunkler, das Dunkle heller. (Daß dabei zugleich noch eine andere Veränderung stattfindet, daß wir nämlich nach einiger Zeit die verschiedenen Dinge besser voneinander unterscheiden als zu Anfang, hängt mit dem Weberschen Gesetz zusammen und bleibt daher hier noch außer Betracht.)

Soweit die einwirkenden Reize Farbenempfindungen bewirken, geht außer der beschriebenen Verschiebung aller Helligkeiten nach der Mitte zu noch eine weitere Veränderung vor. Wenn abends bei zunehmender Dämmerung die Lampen angezündet werden, sehen wir zunächst mit völliger Bestimmtheit, daß ihr Licht eine ausgeprägt gelbe Färbung besitzt. Haben sie eine Weile gebrannt, so geht uns dieses Bewußtsein verloren. Ihr Licht sieht weiß aus, und Gegenstände, die uns bei Tage weiß erscheinen, machen jetzt unzweifelhaft denselben Eindruck. Das überwiegende Gelb im Gesichtsfelde hat infolge längeren Bestehens der objektiven Reizung seinen spezifischen Farbencharakter eingebüßt und dem Eindruck einer neutralen Farbe Platz gemacht. Es hat sich, wie man auch sagen kann, in der Richtung auf seine Komplementärfarbe verschoben. So verhält es sich allgemein. Wenn das direkt durch die Pupille ins Auge fallende diffuse Himmelslicht als weiß betrachtet wird, so ist das, was wir gewöhnlich mit ungeschütztem Auge als Himmelslicht sehen, notwendig

etwas rötlich. Denn außer durch die Pupille dringt immer Licht seitlich durch die Sclera ins Auge und erteilt allen Netzhautbildern objektiv einen kleinen Zusatz roter Strahlen. Von dieser Färbung indes nehmen wir direkt nichts wahr und können nur unter besonderen Umständen (z. B. bei genaueren Untersuchungen über Farbenmischungen oder Nachbilder) konstatieren, daß sie in der Tat vorhanden ist. Auch bei viel satteren Farben ist die allmähliche Verschiebung ins Neutrale noch leicht zu beobachten. Wenn man ein buntes Glas (am besten aus der Gegend von Gelb bis Blaugrün und von nicht zu geringer Helligkeit) so vor die Augen nimmt, daß diese auch seitlich kein anderes Licht als durch das Glas hindurch empfangen, so ist es erstaunlich, wie schnell z. B. beim Betrachten des Himmels der Eindruck der Färbung zurückgeht. Schon nach wenigen Minuten ist nicht viel mehr als nur eine Spur von ihr zu erkennen, und nach längerem Tragen des Glases sind die Wolken, kalkgetünchte Mauern usw. ganz wieder so weiß geworden wie vorher.

Im gewöhnlichen Leben bezeichnet man diese Erscheinungen als *Gewöhnung* und sagt, daß man sich an das Dunkle und Helle oder an vorherrschend gelbes oder grünes Licht allmählich gewöhne und dann nichts mehr davon bemerke. Da indes dieses Wort noch für viele andere Fälle gebraucht wird, wo eine anfänglich auftretende Wirkung bei längerem Fortbestehen oder häufiger Wiederholung ihrer Ursachen allmählich schwächer wird, und da es zweckmäßig ist, für die besonderen Erscheinungen der Empfindungsgewöhnung auch einen besonderen Ausdruck zu besitzen, so hat man für sie den Namen *Adaptation* eingeführt. Die Adaptation des Sehorgans besteht also darin, daß bei längerem Fortbestehen der gleichen objektiven Reize die durch sie hervorgerufenen Farbeneindrücke nicht ihren ursprünglichen Charakter behalten, sondern sich ziemlich schnell ändern; ihre Helligkeit nähert sich von den Extremen her mittleren Graden, und ihre Buntheit stumpft sich allmählich ab und nähert sich der Neutralität. Bei genügend langer Dauer der Adaptation wird diese auch tatsächlich erreicht, die vorherrschende Farbigkeit geht vollständig für das Bewußtsein verloren. Die Verschiebung der Helligkeiten dagegen schreitet in der Regel nicht fort bis zur Erreichung ein und desselben mittleren Grau, sondern kommt vorher zum Stehen. Nach stundenlangem Aufenthalt in völliger Finsternis, z. B. nach durchschlafener Nacht in einem gut verdunkelten Zimmer, erblickt man das Gesichtsfeld von einem Grau erfüllt, das zwar wesentlich heller ist als das bei Tage gesehene Schwarz, aber doch diesem bei weitem näher steht als etwa dem Weiß einer hellen Wolke. Befindet man sich dagegen stundenlang

unter dem Einfluß großer Lichtintensitäten, z. B. bei einem Marsch im Nebel über weite Schneefelder, so steht umgekehrt die Helligkeit der schließlich erreichten und ziemlich stabilen Hellgrauempfindung jenem Weiß viel näher als dem Schwarz.

Bedeutend besser noch als bei dem gewöhnlichen Gebrauch der Augen mit seinem steten Wechsel der Netzhautbilder treten die Adaptationserscheinungen hervor bei fester Fixation, also bei streng konstanter Reizung der einzelnen Netzhautstellen *(lokale Adaptation)*. Sie entwickeln sich dann — und zwar im einzelnen ganz in der beschriebenen Weise — viel schneller, weil die andauernde Reizung nicht nur im allgemeinen gleichartig, sondern genau dieselbe bleibt, und somit die fortschreitenden Adaptationen nicht immer wieder unterbrochen werden. Außerdem aber werden sie jetzt wirksam gefördert durch eine andersartige Wechselwirkung der Netzhautstellen, als wir sie bisher kennen lernten. Wir sahen oben, daß bei der Erregung irgend einer einzelnen Stelle der Netzhaut das ganze übrige Organ, namentlich die nächste Umgebung jener Stelle, mit einer antagonistischen Erregung reagiert. Indes so verhält es sich, müssen wir jetzt hinzufügen, nur für relativ kurze Zeit nach dem Auftreten des Reizes. Dauert er an, so schlägt seine anfängliche Kontrastwirkung auf die Nachbarschaft allmählich in ihr Gegenteil um: der Empfindungseffekt einer umschriebenen Reizung breitet sich mehr und mehr auch über die Umgebung der direkt getroffenen Stelle aus (*simultane Lichtinduktion* Herings). Legt man ein Stück schwarzen Sammets neben ein Blatt weißes Papier und fixiert anhaltend einen Punkt der Grenzlinie beider, so überzieht sich bald die schwarze Fläche mit einem grauen Nebel, der langsam heller wird, die weiße dagegen, allerdings in etwas geringerer Deutlichkeit, mit einem grauen Schatten, der sich allmählich verdunkelt. Beide, der Nebel sowohl wie der Schatten, gehen aus von der Grenzlinie, wo sie auch dauernd am stärksten bleiben, und verbreiten sich von hier aus über die übrige Fläche. Ihr Fortschreiten geschieht dabei nicht ganz gleichförmig, sondern so, daß einzelne Strahlen oder Wolken, die namentlich aus der Grenzlinie immer wieder hervorzukommen scheinen, dem Übrigen voraneilen, ähnlich wie wenn sich eine Rauchwolke langsam ausbreitet oder eine angehauchte Fensterscheibe sich mit einer Eisdecke überzieht. Ab und zu blitzt neben der Grenzlinie ein heller Saum auf, der bedeutend heller ist als das anfänglich gesehene Weiß und oft geradezu blendend erscheint, oder auch ein schwarzer Saum, der dann seinerseits dunkler ist als das anfängliche Schwarz. Beides rührt davon her, daß es kaum möglich ist, längere Zeit absolut genau zu fixieren. Die Augen irren vielmehr bisweilen etwas nach rechts oder links ab, und dadurch fallen dann

die äußeren Reize auf entgegengesetzt adaptierte Netzhautteile. An und für sich sind die Säume hier nebensächlich; sie dienen aber dazu, im Moment ihres Auftretens den angrenzenden Schatten oder Nebel durch Kontrast noch etwas zu verstärken und also die vorgegangenen Veränderungen besonders deutlich hervorzuheben.

Sind die beiden betrachteten Flächen minder verschieden voneinander als Weiß und Schwarz, sind sie z. B. beide grau, so bleibt doch das Wesentliche der Erscheinung dasselbe: die hellere Fläche wird allmählich dunkler, die dunkle heller. Selbst bei ganz geringen Helligkeitsunterschieden ist das noch der Fall; nur geschieht allerdings die wechselseitige Annäherung der Flächen um so schneller, je verschiedener sie sind. Dementsprechend erfolgt sie auch zu Anfang des ganzen Prozesses, wo die Unterschiede groß sind, schneller als in seinem weiteren Verlauf, wo sie bereits geringer geworden sind. Befinden sich mehrere verschieden helle Flächen im Gesichtsfelde, so wird das Verhalten jeder einzelnen natürlich sozusagen durch mehrere Rücksichten gleichzeitig bestimmt; aber immer ist das, was bei anhaltender Fixation geschieht: eine Veränderung sämtlicher vorhandener Helligkeiten in der Richtung auf Ausgleichung ihrer Unterschiede. Zwei einander nahestehende und relativ dunkle Grau z. B. auf hellgrauem Grunde hellen sich absolut genommen beide auf. Allein dies geschieht für das dunklere Grau relativ schneller als für das andere, sodaß sie einander allmählich näher kommen, während der Grund zugleich dunkler wird.

Sind endlich die Flächen farbig, so tritt, ganz wie bei der allgemeinen Adaptation, zu der etwaigen Helligkeitsänderung noch eine auffallende Sättigungsverminderung hinzu. Fixiert man ein sattrotes Feld auf beliebigem Grunde, so überzieht es sich rasch mit einem grauen Schleier, der je nach der Helligkeit des Grundes heller oder dunkler ist und die Farbe des Feldes zunehmend abstumpft. Infolge kleiner Blickschwankungen zittert er etwas hin und her und wird durch das damit verbundene Aufblitzen roter Säume wieder besonders deutlich. Nach ziemlich kurzer Zeit schon ist das Feld vollkommen rostbraun geworden und nähert sich bei weiterer Betrachtung sehr bald einem reinen Grau. Ähnlich für alle anderen Farben. Ob sie dabei objektiv auf Ätherschwingungen oder subjektiv auf Kontrast oder auf beiden zugleich beruhen, ist gleichgültig. Die jeweilig gesehene Farbe erhält bei Fixation des Blickes gleichsam einen wachsenden Zusatz ihrer Komplementärfarbe und wird daher, trotz Gleichbleibens der äußeren Reizung, mehr und mehr zu Grau abgestumpft.

Wie eben schon berührt, bildet die Erscheinung der Lokaladaptation den vollkommenen Gegensatz zu der oben besprochenen des

Kontrastes. Dieser besteht darin, daß aneinander grenzende Farbenflächen in größerer Verschiedenheit gesehen werden, sich namentlich in der Nähe ihrer Grenzlinie stärker gegeneinander abheben, als an sich, d. h. lediglich auf Grund der objektiven Reize ohne Kontrast, der Fall sein würde. Die Lokaladaptation dagegen wirkt nivellierend und die Unterschiede aufhebend; sie macht, daß aneinander grenzende Farbenflächen, wiederum vornehmlich in der Nähe ihrer Grenzlinie, einander ähnlicher werden, als an sich der Fall sein würde, indem sie sie einem mittelhellen Grau näher führt. Die Dinge verschwimmen ineinander, wie jedermann weiß, wenn man sie anhaltend fixiert. Daß gleichwohl beide Erscheinungen für das Sehen eine Rolle spielen können, liegt an ihren zeitlichen Verhältnissen. Der Kontrast tritt zuerst auf; er entwickelt sich (wie u. a. der oben S. 244 mitgeteilte Sherringtonsche Versuch lehrt) nahezu momentan mit der Einwirkung der äußeren Reize. Die Adaptation dagegen ist ein langsamer Prozeß; beim gewöhnlichen Gebrauch der Augen sind in der Regel doch ein paar Sekunden nötig, bis sie in nennenswertem Grade merkbar wird und nun allerdings den Kontrast bald aufhebt. Da der Kontrast, wie wir sahen, für ein rasches Erfassen der Konturen der Dinge sehr zweckmäßig ist, so folgt, daß die ihm entgegenwirkende Lokaladaptation in dieser selben Hinsicht unzweckmäßig sein muß. Oder vielmehr, sie würde es sein, wenn wir die Gewohnheit hätten, die Dinge behufs genauerer Wahrnehmung sekundenlang anzustarren. Das aber ist bekanntlich nicht der Fall. Selbst bei genauer Beobachtung eines Gegenstandes sind unsere Augen fortwährend in Bewegung. Wir fixieren einen Moment einen bestimmten Punkt, springen dann über zu einem anderen Punkt, blinzeln, blicken zur Seite usw., wozu wir vielleicht gerade durch die Lokaladaptation mit veranlaßt werden. Ihre Unzweckmäßigkeit für das Sehen kommt also nicht viel in Betracht. An und für sich aber hat der Adaptationsvorgang, wie sich zeigen wird, seine große Bedeutung in der Gesamtökonomie des Sehorgans.

Gewinnt aus irgend welchen besonderen Gründen die Lokaladaptation Zeit, ihren Einfluß voll zur Geltung zu bringen, so verschwinden die Verschiedenheiten aneinander grenzender Felder des Gesichtsfeldes absolut und vollständig. Das klassische Beispiel hierfür bildet die Unsichtbarkeit der Netzhautgefäße. Die Schatten dieser Gefäße lassen sich bekanntlich sichtbar machen, wenn man eine punktförmige Lichtquelle vor dem Auge schnell hin- und herbewegt oder das Licht auf einem ganz ungewöhnlichen Wege, z. B. durch die Sclera statt durch die Pupille, ins Auge fallen läßt. Natürlich müssen die Schatten objektiv auch sonst vorhanden sein; aber wahrzunehmen sind sie beim gewöhnlichen Gebrauch des Auges tagsüber schlechterdings nicht. Die von ihnen

getroffenen Netzhautstellen sind eben vollkommen für sie adaptiert, und die Schatten sind daher von ihrer Umgebung nicht mehr zu unterscheiden.

Ähnlich verhält es sich auch schon bei geringeren Graden der Lokaladaptation, wenn zugleich die objektiven Verschiedenheiten an und für sich schlecht erkennbar sind. So z. B. wenn Verschiedenheiten der Färbung nicht scharf abgegrenzt nebeneinander stehen, sondern sehr allmählich ineinander übergehen. Kleine und verschwommen begrenzte Unregelmäßigkeiten der Helligkeit oder der Nuance auf einer größeren Fläche verschwinden bekanntlich leicht, gerade wenn man sie genauer betrachten will, und die Fläche erscheint gleichförmig.

Die Unterschiede in der Empfindlichkeit des Auges bei extremen Adaptationszuständen sind enorm. Nach den sorgfältigen Untersuchungen Pipers kann nach einstündigem Dunkelaufenthalt die Helligkeit einer etwa handgroßen weißen Scheibe in deutlicher Sehweite eben noch erkannt werden, wenn ihre objektive Belichtung auf etwa $^1/_{3000}$—$^1/_{4000}$ der Intensität herabgesetzt wird, die nach guter Helladaptation durch längeren Aufenthalt im Freien erforderlich ist. Ja, die wahre Empfindlichkeitszunahme muß noch als beträchtlich größer angesetzt werden. Denn mit dem Hereintreten aus dem Freien in das Dunkelzimmer und der Ermittelung des ersten Schwellenwertes, auf den die übrigen dann bezogen wurden, vergingen immerhin 1—2 Minuten, und während dieser fand nach späteren Feststellungen von Nagel u. Schaefer auch bereits eine erhebliche Steigernng der Empfindlichkeit statt. Für verschiedene Individuen bestehen dabei große Verschiedenheiten, sowohl in der Höhe der schließlich erreichten Empfindlichkeit, wie in der Länge der dazu erforderlichen Zeit, aber im ganzen zeigt der Gang der Adaptation durchweg den gleichen Typus. Nach rascher Zunahme der Empfindlichkeit in den ersten 1—2 Minuten unmittelbar nach dem Eintritt ins Dunkle verlangsamt sich die weitere Steigerung etwas bis ungefähr nach einer Zeit von 10—12 Minuten. Dann tritt wieder eine Beschleunigung ein bis gegen das Ende der ersten halben Stunde mit einem Schwellenwert von weniger als $^1/_{2000}$ der Anfangsgröße. Die weitere Zunahme geschieht dann allmählich immer langsamer, ohne jedoch so bald ganz aufzuhören: nach achtstündiger Adaptationszeit übertraf die Empfindlichkeit die nach einer Stunde erreichte noch um die Hälfte bis das Doppelte. — Sehr bemerkenswert war bei vorgeschrittener Dunkeladaptation eine wechselseitige Unterstützung der beiden Augen, wie sie beim Sehen im Hellen nicht annähernd besteht. Wurden beide Augen gleichmäßig längere Zeit an die Dunkelheit adaptiert, aber nur mit einem beobachtet, so war die Schwelle rund doppelt (die Empfindlichkeit also halb) so groß, wie bei binokularer Betrachtung. Das gleiche Resultat ergab sich, wenn nur ein Auge an Dunkelheit adaptiert wurde, während das andere dauernd helladaptiert blieb, einerlei ob das helladaptierte Auge mitbeobachtete oder nicht. Die Adaptation vollzieht sich also in jedem Auge vollständig unabhängig von dem gleichzeitigen Zustande des anderen.

Die mit Dunkeladaptation und starker Herabsetzung der objektiven Lichtintensität verbundenen Änderungen der relativen Helligkeiten der Farben sind schon oben (S. 229) erwähnt worden.

Die Adaptation des Sehorgans an andere Intensitäten und Färbungen des objektiven Lichts ist ein ziemlich langsam verlaufender Prozeß. Bei jeder plötzlichen Veränderung der auf das Auge ein-

wirkenden Reize entwickeln sich die neuen Adaptationen also erst allmählich, während zugleich die Adaptationen an die vorangegangenen Einwirkungen, soweit sie gerade vorgeschritten waren, sich ebenso allmählich zurückbilden. Solange sie aber nicht völlig verschwunden sind, sind sie noch von Bedeutung für das Sehen des Auges, und unsere Gesichtsempfindungen hängen also in jedem Moment nicht nur von den jeweiligen äußeren Reizen und den sie begleitenden Wechselwirkungen der Erregung ab, sondern außerdem noch von den unmittelbar vorangegangenen Adaptationen, allgemeiner sowohl wie lokaler Natur.

Wie sich dieser Einfluß äußern muß, ist klar nach dem oben Gesagten. Ist das Auge beispielsweise für Gelb adaptiert, so sieht es objektives Licht, das ihm an sich, d. h. nach längerer Beschäftigung mit rein neutralen Farben, den Eindruck gelb machen würde, in der Richtung nach der Komplementärfarbe Blau hin verschoben, also in geringerer Sättigung, unter Umständen rein neutral, alles andere Licht aber mit einem mehr oder minder großen Zusatz jenes komplementären Blau. Das gelb-adaptierte Auge besitzt eine gesteigerte Erregbarkeit für blaues Licht, es ist sozusagen etwas blausichtig und bleibt dies in allmählich abnehmender Stärke auch nach dem Aufhören der adaptierenden Ursachen noch eine Weile. Entsprechend ist das rot-adaptierte Auge grünsichtig, das hell-adaptierte dunkelsichtig usf. War die Adaptation allgemein, so bestehen auch jene ihre Nachwirkungen allgemein, für alles, was das Auge sieht. War sie dagegen partiell, eingeschränkt auf einen kleineren Bezirk der Retina, so gilt dasselbe von den Nachwirkungen; sie erstrecken sich genau so weit wie die vorangegangene Adaptation.

Die Nachwirkungen einer allgemeinen Adaptation bezeichnet man wohl als *Stimmungen* des Auges. Tritt man aus dem Tageslicht in einen dunklen Raum, so ist das Auge wegen der rötlichen Färbung des durch die Sclera hindurchgegangenen Lichtes etwas grünsichtig gestimmt; kommt man aus Lampenbeleuchtung, so ist es stark blausichtig. Bei allen genaueren Untersuchungen über Farbenempfindungen ist stillschweigende Voraussetzung, daß das Auge neutral gestimmt sei, d. h. daß es durch genügend langen Dunkelaufenthalt dem nachwirkenden Einfluß einer vorherrschenden Farbe (der allgemeinen Beleuchtung, der Tapeten usw.) entzogen sei. Nur für die Beurteilung von Farbengleichungen ist die Art der jeweilig vorangegangenen Reizung innerhalb gewisser Grenzen gleichgültig. Bei nicht allzugroßen Verschiedenheiten der Adaptationszustände gilt nämlich für die Vergleichung von Gesichtseindrücken der wichtige Satz: daß zwei physikalisch verschieden zusammengesetzte Farben, die für einen be-

stimmten Adaptationszustand des Auges oder der von ihnen in Anspruch genommenen Netzhautstelle gleich erscheinen, auch bei einer durch anderweitige Adaptation beliebig geänderten Erregbarkeit einander gleich bleiben.

Die Nachwirkungen lokaler Adaptationen sind bekannt als *negative Nachbilder*. Man betrachte beliebige Gegenstände, die deutliche Helligkeits- oder Farbenverschiedenheiten zeigen (z. B. ein Fensterkreuz, eine halbgeöffnete Rolljalousie, ein schottisches Muster) mit gut fixiertem Blick 10 Sekunden lang oder länger. Richtet man dann die Augen auf einen annähernd neutralen Grund, auf ein weißes Blatt oder gegen die Zimmerdecke, und fixiert wieder, so tauchen die vorher gesehenen Dinge bald noch einmal auf, nur ist alles an ihnen sozusagen in sein Gegenteil verkehrt, und zwar in das Gegenteil des anfänglich vorhanden Gewesenen, vor seiner etwaigen Nivellierung durch die Adaptation. Was im Vorbilde relativ hell war, erscheint jetzt relativ dunkel; was dort dunkel, hier hell; jede bunte Farbe hat sich in ihre Komplementärfarbe verwandelt. Die einzelnen Netzhautstellen sind eben durch die vorangegangene längere Betrachtung ganz verschieden adaptiert worden; daher müssen sie jetzt die überall gleichartige Reizung der *reagierenden* Fläche, wie man sie nennt, mit ganz verschiedenen Erregungen beantworten. Ist diese reagierende Fläche selbst farbig, so verhält es sich ganz wie beim Kontrast: die Komplementärfarben des Nachbildes mischen sich mit der Eigenfarbe der Fläche nach den allgemeinen Farbenmischungsgesetzen, und das Nachbild hebt sich wieder ebenso wirksam ab wie von neutralem Grunde.

Allein es bedarf nicht einmal des objektiven Vorhandenseins einer reagierenden Fläche. Auch wenn man die Augen schließt und selbst noch wenn man sie durch Bedecken mit der Hand oder mit Tüchern vollständig von dem äußeren Licht absperrt, lassen sich die negativen Nachbilder wahrnehmen. Sie schweben dann in der jeweiligen Blickrichtung in einer gewissen Entfernung vor dem Auge, und die Schwierigkeit ist nur, dieses beim Fehlen eines äußeren Fixationspunktes ruhig zu halten. Ja, es ist endlich nicht einmal erforderlich, die Betrachtung des Vorbildes aufzugeben, um das Nachbild hervorzurufen. Man kann sie fortdauern lassen und die objektiv weiterwirkenden Lichter plötzlich in ihre eigenen Komplementärfarben umschlagen sehen, lediglich dadurch, daß man die Reize abschwächt. Fixiert man eine Weile eine rote Scheibe auf gelbem Grunde und verringert dann die objektiven Lichtintensitäten beider Farben, etwa indem man nach der Fensterseite zu einen undurchsichtigen Karton vorschiebt oder die Lampe herunterschraubt, ohne aber die Blickrichtung zu ändern, so sieht man in großer Schönheit eine grüne

Scheibe auf blauem Grunde durch den Schatten gleichsam hindurchleuchten. Man hat bei den beiden letzterwähnten Versuchen durchaus den Eindruck, als ob in dem Auge mit jeder Hervorrufung einer bestimmten Farbenempfindung zugleich auch nebenher eine aktive Produktion der Komplementärfarbe stattfinde. Solange der Reiz in der ursprünglichen Stärke andauert, vermag diese sich allmählich steigernde Nebenwirkung nur seinen eigentlichen Empfindungseffekt mehr und mehr abzuschwächen und schließlich zu neutralisieren; darin besteht die Adaptation. Wird die Reizung aber aufgehoben oder auch nur in ihrer Intensität genügend herabgesetzt, so tritt die sozusagen inzwischen angesammelte Komplementärfarbe voll und deutlich hervor und bedingt das negative Nachbild.

Wie die Adaptation in ganz gleicher Weise für die durch objektive Reize und für die durch Kontrast hervorgerufenen Farben stattfindet, so ist es auch mit ihren Nachwirkungen. Eine etwaige Kontrastfärbung des Vorbildes erscheint also im Nachbilde ebensogut in ihr komplementäres Gegenteil verkehrt wie seine objektiven Eigenfarben; sie verwandelt sich mithin in die ursprünglich den Kontrast erregende Farbe des Vorbildes. Ein graues Feld z. B. auf rotem Grunde liefert im Nachbilde ein rotes Feld auf grünem Grunde.

Zugleich aber tritt noch etwas anderes ein. Die zum Teil durch die Kontraste des Vorbildes bedingten Nachbildfarben bleiben nicht einfach so, wie sie durch die vorangegangenen Erregungen verursacht sind, passiv nebeneinander stehen. Die Kontraste-schaffende Wechselwirkung der Netzhautstellen dauert ja fort und muß sich also an dem Nachbild auch weiter noch betätigen. Könnte in dem Moment der Entstehung des Nachbildes alle retinale Wechselwirkung plötzlich unterbrochen werden, so würde damit natürlich an den vorangegangenen Kontrastwirkungen nichts mehr geändert werden; sie behielten unter allen Umständen ihre Bedeutung für das Nachbild. Indem nun aber die Wechselwirkung fortbesteht, muß sie, wie leicht einzusehen, für die einzelnen Teile des Nachbildes eine weitere Steigerung der im Vorbilde bereits vorhanden gewesenen Kontrastwirkungen herbeiführen, die Teile also stärker gegeneinander differenzieren. Nun liegen an und für sich schon die Bedingungen für das Unterscheiden benachbarter Färbungen bei einem Nachbilde in manchen Hinsichten relativ günstig, weil sich Oberflächenverschiedenheiten nicht mehr störend geltend machen und die aneinander grenzenden Farben in derselben Fläche liegen. Aus alledem ergibt sich, daß die Kontrasterscheinungen gerade an den Nachbildern besonders deutlich hervortreten und hier die Unmöglichkeit einer Basierung dieser Dinge auf Urteilstäuschungen besonders drastisch vor Augen führen (S. 244).

Ein rotes Feld auf weißem Grunde erteilt unter gewöhnlichen Bedingungen dem Grunde kaum eine Spur grünlicher Kontrastfärbung. Nach einer Weile fixierender Betrachtung überzieht er sich vielmehr in der Nähe des Feldes mit einem rötlichen Schimmer. Im negativen Nachbilde dagegen, wo das vorher rote Feld blaugrün erscheint, ist die jetzt rote Kontrastfarbe des umgebenden Grundes schlechterdings nicht zu verkennen. Man lege zwei mäßig große Blätter z. B. von sattgrüner Farbe so auf einen grauen Grund, daß nur ein schmaler, etwa 5 mm breiter horizontaler Streifen zwischen ihnen freibleibt, und lasse diesen von einer unbefangenen Person eine Weile fixieren. Dann lasse man sie das Nachbild auf einem etwas unregelmäßig geformten Grunde entwerfen, z. B. auf dem Fensterkreuz, und frage, was sie sehe. Man wird so gut wie ausnahmslos die Antwort erhalten: „einen grünen Streifen". Der objektiv völlig neutrale Streifen hat durch die zweimalige Kontrastwirkung (im Vor- und Nachbilde), die sich von einer ausgedehnten Umgebung auf seine schmale Fläche konzentriert, eine so intensive Färbung bekommen, daß er sofort die Aufmerksamkeit auf sich zieht, während die rötliche Nachbildfärbung seiner Nachbarschaft bei den Unregelmäßigkeiten der reagierenden Fläche in der Regel gar nicht beachtet wird. Sehr schön kommt in den Nachbildern auch zur Anschauung, daß der Einfluß einer umschriebenen Reizung auf die übrige Netzhaut in der unmittelbaren Nachbarschaft der direkt getroffenen Stelle am stärksten ist. Fixiert man eine weiße Scheibe auf ausgedehntem schwarzem Grunde und schließt dann die Augen möglichst lichtdicht oder richtet sie auch auf eine andere Stelle des Grundes, so erblickt man das dunkle Nachbild der Scheibe zunächst umgeben von einem auffallend hellen Schein (dem *Lichthof* Herings), der ziemlich rasch in die geringere Helligkeit der weiteren Umgebung zerfließt. Die gleiche Erscheinung zeigt sich, wenn man statt der weißen eine farbige Scheibe nimmt; natürlich ist der Lichthof dann gleichfalls farbig, und zwar gleichnamig mit der Eigenfarbe der Scheibe, die ihn hervorgerufen hat.

Die Nachbilder sind um so lebhafter und deutlicher, je längere Zeit auf die Fixation ihrer Vorbilder verwandt ist. Außerdem aber hängt ihre Stärke naturgemäß auch ab von der Beschaffenheit des Grundes, auf dem sie hinterher entwickelt werden, von der Größe des Gegensatzes, der zwischen der Nachbildfläche und dem Vorbild besteht. Eine auf mittelhellem Grunde betrachtete schwarze Scheibe z. B. gibt auf einer weißen Fläche ein viel helleres Nachbild als auf einer dunkelgrauen. Für diese Verschiedenheiten aber besteht (wenigstens für ein größeres Gebiet mittlerer Helligkeiten) eine einfache Gesetzmäßigkeit, die schon von Fechner u. Helmholtz behauptet und

von Wirth experimentell bestätigt worden ist: der Helligkeitswert eines bestimmten negativen Nachbildes steht zu der Lichtintensität der reagierenden Fläche allemal in einem konstanten Verhältnis, d. h. das Nachbild verändert die reagierende Helligkeit stets um den gleichen Prozentsatz, wie groß oder klein sie absolut genommen auch sein möge. Und zwar gilt dies nicht nur für neutrale sondern ebenso auch für bunte Farben, deren Helligkeit ja (wie S. 201 erläutert) sehr wohl von ihrer Buntheit unterschieden werden kann. Daraus ergibt sich eine interessante Folgerung: wenn ein Nachbild auf mehreren Flächen von verschiedener Lichtintensität gleichzeitig entwickelt wird, so bleiben die Quotienten dieser Lichtintensitäten an den von dem Nachbild getroffenen Stellen ungeändert.

Das allmähliche Verschwinden der Nachbilder ist nichts als die allmähliche Adaptation an die neue auf das Auge einwirkende Reizung; es zeigt also im einzelnen den oben (S. 252) angegebenen Typus. Dabei ist die Geschwindigkeit des Vorgangs begreiflicherweise um so größer, in je stärkerem Gegensatz (der Helligkeit oder der Farbe) die vorhergehende und nachfolgende Einwirkung zueinander stehen. Charakteristisch aber ist zugleich eine eigentümliche Unstetigkeit und Unberechenbarkeit der Nachbilder. Hat ein Nachbild eine Weile bestanden, so pflegt es mit einem Male zu verschwinden, auch wenn es unmittelbar vorher noch eine große Deutlichkeit zeigte, entwickelt sich dann nach einiger Zeit wieder, allerdings in geringerer Deutlichkeit, verschwindet abermals usw., oft mehrere Male hintereinander. Besonders seltsam an diesen Wandlungen ist, daß sie in der Regel nicht das ganze Nachbild auf einmal treffen, sondern seine verschiedenen Teile zu verschiedenen Zeiten: eine Grenzlinie zwischen zwei besonders deutlich voneinander abstechenden Feldern bleibt noch bestehen oder tritt schon wieder auf, während alles Übrige in einem gleichmäßigen Grunde untergegangen ist. Bisweilen kann man konstatieren, daß der eingetretenen Veränderung eine Bewegung der Augen, ein Wechsel des Lichts oder eine Veränderung der Aufmerksamkeit vorangegangen ist; indes sehr häufig fehlt jede Spur einer angebbaren äußeren Ursache. Man muß daher annehmen, zumal auch wegen des ungleichzeitigen Verschwindens verschiedener Teile der Nachbilder, daß jene Periodizität ihres Auftretens von Hause aus in ihrem Wesen begründet liegt. In den späteren Phasen ihres Daseins zeigen sie noch mancherlei Farbenveränderungen (*farbiges Abklingen*) und zugleich zunehmende Verwischungen und Unregelmäßigkeiten ihrer Konturen. Scharfe Ecken runden sich ab, regelmäßige Rundungen werden eckig; man hat wohl den Eindruck, als ob ein substanzielles

Etwas sich langsam in seiner Umgebung verbreite, wie wenn z. B. Farben auseinanderlaufen.

Viel erörtert ist noch das Verhalten der negativen Nachbilder zu Bewegungen der Augen. Man hat behauptet, daß diese oder auch Bewegungen der Augenlider die Kraft hätten, durch direkte physische Vermittelung die negativen Nachbilder zum Verschwinden zu bringen. Diese Behauptung ist unhaltbar. Wenn man ein gutes Nachbild etwa an der Spitze eines Bleistifts entwickelt und dann unter fortwährender Fixation der Spitze mit ihr in beliebigen Windungen über eine Fläche fährt, so geht das Nachbild ohne merkliche Schädigung seiner Deutlichkeit getreulich mit. Bei hinreichend starken, durch längere Fixation hervorgerufenen (namentlich farbigen) Nachbildern bedarf es nicht einmal einer solchen Führung des Auges, um sie auch bei Bewegungen immer zu sehen. Aber allerdings: mäßig starke negative Nachbilder werden durch die gewöhnlichen, ruck- und sprungweise geschehenden Augenbewegungen vorübergehend sozusagen ausgelöscht. Man kann sogar, wie Martius gezeigt hat, mit einer Stelle des Auges, auf der man eben ein Nachbild hervorgebracht hat, für einen Moment unmittelbar nach einer Blickbewegung die Helligkeit oder Färbung einer Fläche ungefähr ebensogut beurteilen, wie wenn gar kein Nachbild vorhanden wäre. Sobald die Augen ruhig gehalten werden, *entwickelt* sich dann das Nachbild schnell zu voller Deutlichkeit und ändert den Eindruck. Aber dieses Verschwinden hat vermutlich rein psychische Ursachen; es beruht auf einem Nichtbeachten der Nachbilder, nicht auf einer Störung des materiellen Prozesses, der ihnen zugrunde liegt. Man ist nicht gewohnt, daß bei Augenbewegungen die Eindrücke mitgehen, und achtet daher nicht darauf, wenn dies doch einmal der Fall ist und sie sich nicht geradezu aufdrängen. Man weiß ferner, daß die Fläche, auf die man blickt, *eigentlich* so und so aussieht, und wird durch dieses Bewußtsein an der Wahrnehmung eines ausnahmsweise darauf befindlichen schwächeren Nachbildes direkt gehindert. Im ganzen erleiden denn auch die Nachbilder nach ungefährer Schätzung durch derartige Unterbrechungen keine Verringerung ihrer Dauer. Lidschläge aber und Zusammenkneifen der Augen erweisen sich unter Umständen sogar als geeignete Mittel, verschwundene Nachbilder wieder hervorzurufen und ihre Gesamtdauer zu verlängern.

3. Abklingen der Empfindung und positive Nachbilder. Die letzte Verwickelung der Erscheinungen, die wir zu betrachten haben, besteht darin, daß nach dem Aufhören eines objektiven Reizes nicht nur Nachwirkungen der Adaptationen hinterbleiben, die sich während seiner Dauer entwickelt haben, sondern daß die durch den Reiz direkt hervorgerufenen Empfindungswirkungen auch selbst noch eine Weile fortbestehen. Wie es allerdings nach dem Aufhören längerdauernder Reize hiermit steht, ist noch unbekannt; die zahlreichen Untersuchungen, die der Sache gewidmet sind, betreffen durchweg kurzdauernde, zum Teil momentane Reize. Bei diesen ist dann wieder Verschiedenes zu unterscheiden.

Während eines ganz geringen Bruchteils einer Sekunde dauert ein kurzwährender optischer Eindruck auch nach dem Fortfallen seiner objektiven Ursache einfach fort. Dabei behält er zunächst annähernd

die Stärke, die er unmittelbar vor dem Aufhören des Reizes erreicht hatte, um dann rasch zu verschwinden (*Abklingen der Empfindung*). Je nach der Intensität der objektiven Reizung und dem Adaptationszustande des Auges geschieht das Abklingen mit verschiedener Geschwindigkeit; immer aber ist es ein Prozeß, der sich äußerst rasch abspielt, der z. B., um eine bestimmte Zahl zu nennen, in etwa $^1/_{10}$ Sekunde vorüber sein mag. Wird nun der äußere Reiz noch vor dem Beginn einer merklichen Abschwächung der Empfindung wiederholt, so wird natürlich die Unterbrechung gar nicht bemerkt: die intermittierende Reizung erzeugt eine durchaus kontinuierliche Empfindung. Ist der wiederkehrende Reiz nicht genau gleich dem vorangegangenen, sondern in irgend einer Hinsicht abgeändert, so erleben wir auch eine entsprechende Änderung der Empfindung, aber gleichfalls als eine kontinuierlich vor sich gehende, ohne ein Bewußtsein der objektiv vorhandenen Unterbrechung. Hierauf beruhen viele bekannte Erscheinungen: der feurige Kreis, den eine schnell umgeschwungene glühende Kohle beschreibt, die Schwingungsfiguren angeschlagener elastischer Stäbe, die Wirkungen der als Stroboskop, Lebensrad, Schnellseher, Kinematograph bezeichneten Apparate, namentlich auch die oben schon mehrfach erwähnten rotierenden Scheiben.

Läßt man vor einem möglichst lichtlosen Grunde einen weißen Sektor sehr schnell rotieren, so erblickt man eine vollkommen gleichförmige und anscheinend stillstehende graue Scheibe. Während der aufeinander folgenden raschen Vorübergänge des weißen Sektors an dem jeweiligen Fixationspunkt der Augen klingt die Empfindung bis zu einer gewissen Höhe an, die hinter dem Wirkungsmaximum des betreffenden Reizes natürlich zurückbleibt, und während der dazwischen liegenden kurzen Pausen geht sie von dieser Höhe noch nicht merklich wieder zurück. Genauere Prüfung der hierbei obwaltenden Gesetzmäßigkeit hat die folgenden beiden interessanten Beziehungen kennen gelehrt: die Helligkeit des infolge der Rotation entstehenden Grau ist genau dieselbe, wie wenn die objektive Lichtintensität des weißen Sektors gleichmäßig über die ganze Fläche der Scheibe ausgebreitet würde, und ferner bleibt diese Helligkeit, wenn überhaupt die Rotationsgeschwindigkeit erst einmal so groß ist, daß kein Flimmern mehr stattfindet, bei beliebiger weiterer Steigerung der Geschwindigkeit völlig unverändert. Man pflegt diese Tatsachen, die in den Jahren 1834/35 ziemlich gleichzeitig von dem Engländer Talbot und dem Belgier Plateau gefunden wurden, als *Talbot-Plateausches Gesetz* zu bezeichnen. Hat man es nicht mehr bloß mit zwei Eindrücken zu tun, sondern mit mehreren, die also hervorgebracht werden mögen durch beliebig viele

Sektoren von verschiedenen Farben und beliebigen Winkelbreiten auf derselben Achse, so gilt ganz Entsprechendes: der resultierende Eindruck ist derselbe, wie wenn das objektive Licht jedes einzelnen Sektors gleichmäßig über die ganze Scheibe ausgebreitet würde und nun alle diese Lichter nach den allgemeinen Farbenmischungsgesetzen zusammenwirkten. Je größer dabei die Verschiedenheit der einzelnen Eindrücke oder je größer ihre Anzahl ist, desto mehr ist das Zustandekommen eines gleichförmigen Eindrucks erschwert, desto kürzer also muß die Periode sein, nach deren Ablauf die einzelnen Reize wiederkehren, oder desto schneller die Scheibe rotieren. Wechselt z. B. ein farbiger Sektor mit einem grauen, so ist die Zahl der zur Verschmelzung der beiden erforderlichen Umdrehungen am geringsten, wenn beide die gleiche Helligkeit haben, das Grau sich also nur durch seine Neutralität von der Farbe unterscheidet.[1] Eine halb schwarze halb weiße Scheibe braucht bei gutem Tageslicht 50—60 Umdrehungen in der Sekunde, um gleichförmig grau zu erscheinen; bei Kerzenlicht, wo die Helligkeitsdifferenz der Sektoren geringer wird, genügen bereits 20. Auch bei Dunkeladaptation des Auges sind nicht mehr als 15—20 Wechsel von Hell und Dunkel in der Sekunde erforderlich, um das Flimmern zum Verschwinden zu bringen, und bemerkenswerterweise findet man bei total Farbenblinden auch in vollem Tageslicht annähernd dieselbe niedrige Zahl.

Man kann sich die Erscheinung des Talbotschen Gesetzes (im Anschluß an Marbe) etwa so zurechtlegen. Die für das Zustandekommen einer bestimmten gleichmäßigen Farbenempfindung erforderliche objektive Reizung kann man sich zerlegt denken in eine Mehrheit von momentanen Einzelreizen von verschiedenen Intensitäten und Wellenlängen, die in einer bestimmten Gruppierung zusammenwirken und in dieser mit großer Geschwindigkeit aufeinanderfolgen. Nun ist das Auge ein Organ, das die von ihm empfangenen Reize mit einer gewissen Trägheit beantwortet. Betrachtet man daher ein genügend kleines Zeitintervall, so muß es für die in dem Organ hervorgerufenen Wirkungen einerlei sein, ob die Einzelreize gleichmäßig über dieses Intervall verteilt, oder ob sie beliebig anders angeordnet sind, d. h. ob die Reizung eine kontinuierliche ist, oder ob die Einzelreize beliebige Gruppen bilden. Den Feinheiten solcher Gruppierungen kann sich das Auge, eben wegen seiner Trägheit, nicht anpassen, ebensowenig wie etwa eine Schneedecke den letzten Feinheiten der Bodengestaltung. Es kommt also — immer innerhalb eines durch jene Trägheit bestimmten kleinen Zeitteilchens — allein auf die Gesamtreizung an. Ist diese bei verschiedener Verteilung der objektiven Reize dieselbe oder annähernd dieselbe, so gilt das gleiche von der Reaktion des Auges sowie von der sich anschließenden Empfindung. Daß aber dann bei ungleichmäßiger Verteilung der Einzelreize

[1] Diese Tatsache läßt sich auf leicht ersichtliche Weise zur Bestimmung der Helligkeit bunter Farben benutzen (S. 201 Anm.). Man bezeichnet das Verfahren als *Flimmerphotometrie* (s. Polimanti, Zeitschr. f. Psychol. 19 S. 263).

eine Steigerung ihrer Verschiedenheit oder ihrer Anzahl eine schnellere Aufeinanderfolge erfordert, also eine Verkleinerung jenes Intervalls, innerhalb dessen die Ungleichmäßigkeit gestattet ist, liegt auf der Hand.[1]

Sehr bald nach dem Stadium des Abklingens, aber von diesem durch ein deutliches kleines Intervall getrennt, entwickelt sich unter Umständen eine andere Nachwirkung des objektiv nicht mehr vorhandenen Reizes. Die bereits verschwunden gewesene Empfindung kehrt noch einmal wieder, im wesentlichen ganz so, wie sie während der Anwesenheit des Reizes bestand, nur in geringerer Helligkeit und namentlich mit starker Abschwächung der etwa vorhandenen Farben. Diese Erscheinung wird als *positives Nachbild* bezeichnet. Hauptbedingung ihres Zustandekommens scheint zu sein, daß relativ intensive Reize nur ganz kurze Zeit auf das Auge einwirken; außerdem wird ihre Wahrnehmung erleichtert, wenn sowohl vor wie nach dieser Einwirkung anderes Licht möglichst ferngehalten wird. Die positiven Nachbilder bleiben dann mehrere Sekunden lang, unter günstigsten Umständen sogar minutenlang bestehen; freilich für längere Zeiten nicht ununterbrochen, sondern abwechselnd auftauchend und wieder verlöschend, ähnlich wie die negativen Nachbilder, mit allmählich wachsenden Zwischenzeiten und abnehmender Stärke. Jedermann wird sie abends beim Zubettgehen schon bemerkt haben, wenn er nach dem Auslöschen des Lichtes die Augen zufällig eine Zeitlang ganz ruhig hielt. Aus dem anfänglich eingetretenen Dunkel taucht das abgeblaßte, aber in allen Einzelheiten deutliche Bild der Lampenglocke oder der Kerzenflamme noch einmal auf, schwebt eine Weile ohne erhebliche Veränderungen vor den Augen und verschwindet dann. Sehr aufdringlich machen sie sich auch geltend, wenn man einen Augenblick eine elektrische Glühlampe und dann einen dunklen Hintergrund ansieht. Besonders frappierende Nachbilder erhält man bei dem folgenden von Helmholtz angegebenen Versuch. Man merke sich die Stellung der Augen, die nötig ist, um einen auf dem gut beleuchteten Tische liegenden Gegenstand zu fixieren. Dann bedecke man unter möglichster Festhaltung dieser Blickrichtung die Augen lichtdicht mit beiden Händen, warte so lange, bis alle Nach-

[1] Die mit intermittierender Netzhautreizung verbundenen Erscheinungen sind neuerdings eifrig studiert worden. Auf weitere dabei beobachtete Einzelheiten kann indes hier nicht eingegangen werden. S. Schenck, Über intermittierende Netzhautreizung. 10 Mitteilungen. Pflügers Arch. **64** S. 165 u. 607, **68**, **77**, **82**, **90**. Martius in der S. 245 Anm. genannten Arbeit und Pflügers Arch. **99** S. 95. Marbe, Tatsachen und Theorien des Talbotschen Gesetzes. Pflügers Arch. **97**, S. 335. 1903. Die vollständige Literatur bei Braunstein, Beitrag zur Lehre des intermittierenden Lichtreizes der Retina. Zeitschr. f. Psychol. **33** S. 171 u. 241. 1903.

bilder der vorangegangenen Eindrücke verschwunden sind, und ziehe nun blitzschnell, aber ohne Erschütterung der Augen die Hände einen Moment vor diesen weg, um sie sofort wieder vorzubringen. Man wird dann zu seiner Überraschung das fixierte Objekt und seine nähere Umgebung, namentlich die Lampe, gleichsam durch die Hände hindurch erblicken und daran sogar manche Einzelheiten erkennen, die während der kurzen Einwirkung der objektiven Reize gar nicht zum Bewußtsein kamen.

Bei einer nicht allzu geringen Dauer oder auch bei sehr großer Stärke der äußeren Reizung sind natürlich nicht nur die Bedingungen für die Entstehung eines positiven, sondern auch für die eines negativen Nachbildes gegeben. Beide wechseln dann wohl mehrfach miteinander ab, und es liegt an Umständen, die noch nicht genügend bekannt sind, ob gerade das positive oder das negative Nachbild auftritt. Von besonderer Bedeutung aber ist hierbei jedenfalls der Ausschluß oder die Zulassung objektiven Lichtes nach dem Aufhören der das Nachbild hinterlassenden Reizung. Im ersten Falle, also bei Verdunkelung der Augen, überwiegt im ganzen das positive Nachbild, im anderen Falle ist das Nachbild in der Regel negativ. Durch abwechselndes Schließen und Öffnen der Augen kann man daher oft viele Male hintereinander ganz nach Belieben entweder das eine oder das andere auftreten lassen, und es scheint, als ob das längere Bestehen der Nachbilder durch solchen Wechsel geradezu gefördert würde. Eine hierhergehörige Erfahrung wird ziemlich allgemein bekannt sein. Wenn man einen flüchtigen Blick auf die tiefstehende Sonne wirft, so empfangen die von dem Sonnenbildchen getroffenen Netzhautstellen eine außerordentlich intensive Reizung, die sich in einem sehr lange dauernden unregelmäßig gestalteten Nachbilde verrät. Schließt man die Augen, so ist dieses hell auf dunklem Grunde, also positiv, öffnet man sie, dunkel auf hellem Grunde, also negativ, und durch Blinzeln kann man Dutzende von Malen die beiden Nachbilder in raschester Folge miteinander abwechseln lassen.

So weit erscheinen die Dinge noch ziemlich einfach. Allein der genaueren Beobachtung enthüllen sie weitere Verwickelungen. Das zwischen dem Abklingen der Empfindung und dem Auftreten des andauernden positiven oder negativen Nachbildes verbleibende kleine Zeitintervall ist nämlich nicht leer, sondern noch wieder von anderen Nachwirkungen der Erregung ausgefüllt, die man nach zwei verschiedenen Methoden wahrnehmen kann. Entweder man läßt kurzdauernde objektive Reize auf das gut fixierende Auge einwirken und gibt sich Rechenschaft über die an derselben Stelle schnell nacheinander auftretenden Eindrücke, oder man führt bewegliche Objekte vor einem dunklen Hintergrund an dem ruhenden Auge vorüber und sucht die dabei räumlich hintereinander herziehenden Bilder zu erfassen. Im großen und ganzen stimmen die auf beide Weisen erhaltenen

Resultate überein: in der Regel lassen sich in dem genannten Intervall noch zwei etwas verschiedene Nachbilder beobachten, die sowohl voneinander wie von den beschriebenen Eindrücken vorher und nachher je durch eine dunklere Phase deutlich geschieden sind. Zunächst an den abklingenden primären Eindruck schließt sich eine Art Mittelding zwischen positiven und negativen Nachbildern an, nämlich ein Nachbild, das mit dem Vorbilde allemal übereinstimmt hinsichtlich der Helligkeit, zugleich aber, wenn das Vorbild farbig ist, in der Regel komplementär ist hinsichtlich der Färbung, also ein positiv komplementäres Nachbild (*Purkinjesches Nachbild*; von Engländern wohl als *ghost* bezeichnet). Ihm folgt nach einer kurzen Pause ein schwächeres, mit dem Vorbilde gleichfarbiges Nachbild, das aber sehr bald seine Färbung verliert und in ein unbestimmtes Grau übergeht. Bei Betrachtung eines Spektrums z. B. durch einen photographischen Momentverschluß sah Hess zuerst für einen Moment die sämtlichen Farben des Spektrums in ihrer gewöhnlichen Reihenfolge. Dann schlugen sie, wieder nur für einen Moment, sämtlich in ihre Komplementärfarben um, sodaß das langwellige Ende des Spektrums grünlich und bläulich und das kurzwellige gelblich aussah. Danach entwickelte sich ein lichtschwaches positives Nachbild des zuerst gesehenen Spektrums, in dem aber die Farben rasch verblaßten, und dieses machte endlich nach mehreren Sekunden einem regelrechten negativen Nachbilde (also jetzt dunkel auf hellem Grunde) Platz.

Unmittelbar nach dem Aufhören eines kurzdauernden objektiven Reizes oszilliert also die Erregung erst einige Male in etwas verschiedenen Weisen hin und her, ehe sich dann ein längerdauerndes positives oder negatives Nachbild anschließt. Dabei aber bestehen nun noch mannigfache Besonderheiten der Erscheinung für verschiedene Farben, verschiedene Helligkeiten und verschiedene Umgebung der einwirkenden Reize, für verschiedene Adaptationszustände des Auges, direkte und indirekte Betrachtung u. a., deren Mitteilung hier zu weit führen würde. Man erkennt zur Genüge, daß der für das unmittelbare Bewußtsein anscheinend so einfache Sehakt in Wahrheit etwas sehr wenig Einfaches ist und auf höchst verwickelten Vorgängen innerhalb des ihm dienenden Organs beruht.[1]

§ 22. Theorie des Farbensehens.

Abgesehen von einem kurzen Blick auf die Theorie des Kontrastes haben wir bisher lediglich Tatsachen des Sehens kennen gelernt. Ohne Zweifel wäre ihre Darstellung weit einheitlicher und ver-

[1] Einige wichtigere Arbeiten aus der umfangreichen Literatur des Gegenstandes sind: Hess, Untersuchungen über die nach kurzdauernder Reizung des Sehorgans auftretenden Nachbilder. Pflügers Arch. **49** S. 190; 1891. Weitere Arbeiten desselben Verfassers: Graefes Arch. **40** S. 259 u. **44** S. 445; Pflügers Arch. **95** S. 1; 1903. Bidwell, On the Recurrent Images following Visual Impressions. Proc. Roy. Soc. **66** Nr. 337 S. 132; 1894. v. Kries, Über die Wirkung kurzdauernder Reize auf das Sehorgan. Zeitschr. f. Psychol. **12** S. 81; 1896; u. **25** S. 239. Hamaker, Über Nachbilder nach momentaner Helligkeit (mit Angabe der älteren Literatur). Zeitschr. f. Psychol. **21** S. 1; 1899. Herb. Munk, Die Erscheinungen bei kurzer Reizung des Sehorgans. Ebda **23**, 60; 1900. McDougall, The Sensations excited by a Single Momentary Stimulation of the Eye. Brit. Journ. of Psychol. **1** S. 78; 1904.

ständlicher ausgefallen, wenn sie im Sinne einer bestimmten Theorie geschehen wäre. Aber unsere theoretischen Vorstellungen über den inneren Zusammenhang aller dieser Dinge, über die Art ihrer Verursachung durch bestimmte Einrichtungen des Organismus, sind noch in einem gewissen Fluß begriffen, und es erschien zweckmäßig, das Feststehende und das Fließende zunächst einmal auseinanderzuhalten. Nachdem wir nun aber jenes erste kennen gelernt haben, wenden wir uns jetzt dem anderen zu, den Versuchen einer theoretischen Deutung der Tatsachen. Die beiden wichtigsten älteren von ihnen sind die Helmholtzsche und die Heringsche Theorie.

1. Die Helmholtzsche Theorie.[1] Die charakteristischen Erscheinungen des Farbensehens, die in der neueren Zeit zuerst die Aufmerksamkeit auf sich zogen und daher auch zuerst zu Erklärungsversuchen reizten, waren die Tatsachen der Farbenmischung, die Beziehungen zwischen den Farbenempfindungen und der Zusammengesetztheit ihrer physikalischen Ursachen. Um diese in ihrer Eigenart richtig zu würdigen, muß man daran denken, wie völlig verschieden die Verhältnisse hier und auf anderen Empfindungsgebieten sind. Zahlreiche Farbenempfindungen, wie Orange, Gelb, Blaugrün, können in ganz gleichem Aussehen sowohl durch einen physikalisch einfachen Prozeß von einer bestimmten Schwingungsfrequenz hervorgebracht werden, wie auch durch verschiedene Kombinationen von zwei Prozessen, deren einer eine etwas größere, der andere eine etwas geringere Frequenz hat als jener einfache. Die große Masse aller Farbenempfindungen ferner, die neutralen und die ungesättigten Farben, läßt sich, unbeschadet ihres subjektiv völlig einfachen Charakters, überhaupt nur durch Kombinationen von physikalischen Prozessen hervorbringen, die isoliert ganz andere Empfindungen liefern. Hierbei aber ist man wiederum zur Gewinnung eines bestimmten Eindrucks nicht an eine einzige Kombination gebunden, sondern kann auf zahlreiche verschiedene Weisen, mit je zwei oder je drei oder auch mit einer größeren Anzahl von Komponenten, ganz denselben Empfindungseffekt erzielen. Man vergegenwärtige sich die gänzliche Andersartigkeit aller solcher Beziehungen etwa auf dem Gebiete der Töne oder der Geschmacksempfindungen, und man wird lebhaft zu der Frage gedrängt, woran diese Besonderheiten des Gesichtssinnes wohl liegen mögen.

Eine überraschend einfache Antwort auf diese Frage gibt die von Helmholtz im Anschluß an den Engländer Th. Young

---

[1] Außer ihrer Darstellung in dem Helmholtzschen Handbuch (namentlich §§ 20 und 23) ist zu erwähnen: A. König und C. Dieterici, Die Grundempfindungen in normalen und anomalen Farbensystemen und ihre Intensitätsverteilung im Spektrum. Zeitschr. für Psychologie 4 S. 241; 1893.

aufgestellte Theorie. Man denke sich, das objektive Licht bringe in den Nerven des Auges drei getrennte und voneinander ganz unabhängige Erregungen hervor. Um die Vorstellungen zu fixieren, kann man annehmen, daß jede Erregung an eine besondere Art von Nervenfasern gebunden sei und in deren Endorgan durch eine bestimmte photochemisch zersetzbare Substanz hervorgerufen werde, daß aber diese drei Faserarten noch auf jeder kleinsten Stelle der Retina gleichzeitig vertreten seien. Indes liegt in einer solchen Einkleidung nicht das Wesentliche der Hypothese. Worauf es ankommt, ist allein eine Dreizahl von selbständig nebeneinander hergehenden *Elementarerregungen*, die dann durch die Vermittelung des Gehirns drei verschiedene Elementarempfindungen hervorrufen. Die erste Erregung, isoliert gedacht, würde für das Bewußtsein eine äußerst intensive Empfindung von Rot bewirken, die zweite von Grün, die dritte von Violett. Bestehen die Rot- und Grünerregung gleichzeitig in annähernd gleicher Stärke, so haben wir die Empfindung Gelb; ist dasselbe mit der Grün- und Violetterregung der Fall, die Empfindung Blau. Gleichzeitiges und gleichstarkes Bestehen aller drei Erregungen endlich gibt uns die Empfindung des neutralen Weiß, und die Farbeneindrücke sind diesem um so ähnlicher, d. h. also um so ungesättigter, je mehr die ihnen zugrunde liegenden Erregungen sich der Gleichheit nähern. In welcher Kombination nun diese Elementarerregungen jeweilig hervorgerufen werden, hängt von der Natur des einwirkenden Lichtes ab. Jedes objektive Licht, auch wenn es physikalisch einfach ist, ruft immer alle drei Erregungen gleichzeitig hervor, nur je nach seiner Wellenlänge in sehr verschiedener relativer Stärke. Das Licht größter Wellenlänge bewirkt überwiegend Roterregung, dasjenige mittlerer Wellenlänge überwiegend Grünerregung, kürzester Wellenlänge überwiegend Violetterregung. Bei den dazwischen liegenden Wellenlängen findet ein allmählicher Übergang von der einen zur anderen Wirkungsweise statt, wie es eben in der Farbenfolge des Spektrums, die von Rot ganz allmählich durch Gelb zu Grün und von diesem durch Blaugrün und Blau zu Violett führt, seinen Ausdruck findet.

Genauere Untersuchungen über die Tatsachen der Farbenmischung haben zu der Notwendigkeit geführt, die der dritten Elementarerregung entsprechende Empfindung nicht als Violett, sondern als Blau anzusetzen. Mit dieser kleinen Änderung aber lassen sich alle Tatsachen der Farbenmischung nach den Gesichtspunkten der Helmholtzschen Theorie vortrefflich erklären. Fig. 21 veranschaulicht, wie man sich etwa die Abhängigkeit der drei Elementarerregungen von dem Licht der verschiedenen Wellenlängen zu denken

haben würde. Wie es nun z. B. zugeht, daß an zahlreichen Stellen des Spektrums annähernd derselbe Farbeneindruck sowohl durch homogenes Licht wie durch Mischung seiner beiderseitigen Nachbarn gewonnen werden kann, erhellt bei näherer Betrachtung dieser Kurven. Auf jeder kürzeren Strecke, auf der die drei Kurven annähernd geradlinig verlaufen, ist es möglich, den Erregungseffekt jedes mittleren Lichtes der Strecke auch durch geeignete Kombination von zwei nach den Enden der Strecke zu gelegenen Lichtern hervorzubringen. Ebenso wird begreiflich, daß sich durch Mischung der allerverschiedensten Farben Weiß erzeugen läßt. Gleichheit der drei Elementarerregungen kann offenbar auf zahlreiche verschiedene Weisen durch Kombination der Erregungswerte von je zwei, drei oder auch sämtlichen spektralen Lichtern hergestellt werden.

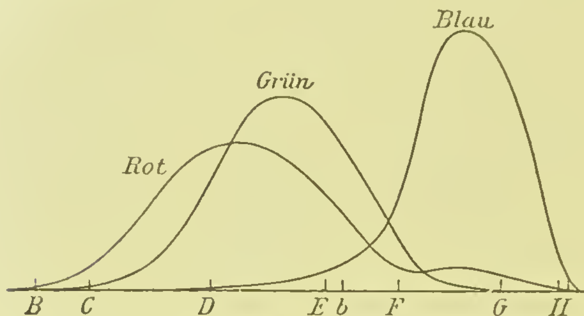


Fig. 21. Reizwerte des spektralen Lichtes für die drei Elementarerregungen der Helmholtzschen Theorie. (Nach A. König. Die Kurven sind so gezeichnet, daß sie mit der Grundlinie je gleiche Flächen einschließen.)

Eine Verwertung ihrer drei Elementarerregungen für das Verständnis der Tatsachen des Kontrastes wird seitens der Helmholtzschen Theorie nicht versucht, indem sie diese ja als Urteilstäuschungen auffaßt, wohl aber sucht sie noch für die Adaptationserscheinungen eine Erklärung zu geben. Sie bedient sich hierzu (im Anschluß an Fechner) des Begriffes der *Ermüdung*. Wie bei den motorischen Nerven andauernde Reizung eine allmähliche Erschöpfung bewirkt und damit eine Verminderung der Leistung, so ist es auch bei den Fasern des Sehnerven. Wird eine Erregung in ihnen längere Zeit unterhalten, so wird sie allmählich schwächer; die nervöse Substanz ermüdet infolge der längeren Inanspruchnahme und beantwortet daher einen gleichmäßig andauernden Reiz so, als ob seine objektive Intensität allmählich vermindert würde. Um ihre ursprüngliche Erregbarkeit wiederzugewinnen, bedarf sie der *Erholung* durch zeitweiliges Aufhören des Reizes. Natürlich nimmt die Ermüdung um so schneller zu, je stärker der Reiz ist. Werden nun also durch äußeres Licht die drei Elementarerregungen alle in gleicher Stärke hervorgerufen, so ermüdet die Netzhaut auch für alle in gleicher Weise; längere Zeit gesehenes Weiß wird somit allmählich dunkler. Überwiegt dagegen eine der Elementarerregungen über die andere, so werden die sie vermittelnden

Nervenfasern besonders stark ermüdet; die Empfindung verliert also nicht nur an Helligkeit, sondern zugleich auch an Sättigung, da die verschiedenen Erregungsstärken sich ja der Gleichheit nähern. Ist eine umschriebene Netzhautstelle irgendwie anders ermüdet worden als ihre Umgebung und wird dann dem Einfluß derselben Belichtung ausgesetzt wie diese, so muß sie natürlich, bis sie sich wieder erholt hat, auch anders reagieren als die Umgebung; daher das negative Nachbild. Auf einer stark rotermüdeten Netzhautstelle bewirkt z. B. nachfolgendes aus allen Wellenlängen gemischtes Licht eine viel geringere Rot- als Grün- und Blauerregung; es erscheint also ein blaugrünes Nachbild. Daß aber auch bei lichtdicht verschlossenen Augen noch negative Nachbilder wahrzunehmen sind, beruht nach der Theorie auf dem Eigenlicht der Retina, dessen Intensität sie daher auch als sehr groß zu veranschlagen geneigt ist.

Die Helmholtzsche Theorie hat eine Zeitlang die Anschauungen über das Zustandekommen des Farbensehens ziemlich allgemein beherrscht; gegenwärtig muß sie — wenigstens in der von ihrem Urheber festgehaltenen Form — als überwunden bezeichnet werden. Sie paßt im Grunde doch nur auf die Tatsachen der Farbenmischung, für die sie ursprünglich ersonnen war; allen anderen Erscheinungen dagegen, der Farbenblindheit, dem indirekten Sehen, dem Purkinjeschen Phänomen, ja auch den eben erwähnten Adaptationserscheinungen vermag sie meist nur durch sehr gezwungene Hilfsannahmen gerecht zu werden. Sie ist ihren Verwickelungen gegenüber zu einfach und, wie man sagen kann, zu sehr physikalisch gedacht. Im wesentlichen sind es drei Punkte, in denen sie nicht befriedigt.

In erster Linie ist ihre Auffassung von dem Zustandekommen der Weißempfindung, überhaupt der neutralen Farbenempfindungen unhaltbar. Nach Helmholtz beruht der Eindruck Weiß auf gleichstarker Erregung der drei Elementarprozesse, die bei isoliertem Auftreten die Grundempfindungen Rot, Grün und Blau liefern. Offenbar muß man also erwarten, daß überall da, wo Weiß oder Grau gesehen wird, auch die bunten Farben gesehen werden können. Eine Fülle von Tatsachen lehrt das Gegenteil. Auf der äußersten Peripherie der Netzhaut sowie bei dem total Farbenblinden auf der ganzen Netzhaut bewirkt jedes objektive Licht Empfindungen von Weiß oder Grau; von einer Wahrnehmbarkeit der bunten Farben ist keine Rede. Bei allmählich fortschreitenden krankhaften Störungen des Farbensehens schwindet immer zuerst die Wahrnehmungsfähigkeit für die Farben im engeren Sinne; für Weiß und Grau bleibt sie unter Umständen noch lange erhalten. Bei äußerster Abschwächung der objektiven Lichtintensitäten verliert sich jede Buntheit, und alle Lichter werden

rein neutral empfunden. Bei äußerster Steigerung der Intensität kommt es zwar nicht überall zum vollständigen Verlust des chromatischen Charakters, aber alle Eindrücke nähern sich doch dem des Weiß. Wirken beliebige Lichtreize nur sehr kurze Zeit auf das Auge, so werden sie rein als neutrale Helligkeiten, aber noch nicht als farbig empfunden; wirken sie sehr lange Zeit, so verliert sich die Farbigkeit gleichfalls und alle Eindrücke kehren wieder zur Neutralität zurück. Nach der Helmholtzschen Theorie müßten in allen diesen Fällen die den Farbenempfindungen entsprechenden Elementarerregungen vorhanden sein, die Lichtstrahlen müßten nur unter den betreffenden Umständen nicht mehr die Fähigkeit haben, sie anders als alle in gleicher Stärke hervorzurufen. Nun sind aber jene Umstände zum Teil einander direkt entgegengesetzt: geringste Lichtintensität — größte Lichtintensität, geringe Einwirkungsdauer — große Einwirkungsdauer. Wie wäre es glaubhaft, daß die von der Theorie für das normale Sehen geforderten Abhängigkeitsbeziehungen zwischen Lichtstrahlen und Elementarerregungen (Fig. 21) sich unter den allerverschiedensten Umständen stets in der gleichen merkwürdigen Weise ändern und unterschiedslos einander gleich werden? Bei unbefangener Erwägung wird man vielmehr zu der Vorstellung gedrängt, daß der Erregungsvorgang, auf dem die Weißempfindung beruht, von den chromatischen Erregungen ganz unabhängig verläuft, obschon für gewöhnlich beide einander begleiten. Jener erscheint als das Ursprüngliche und Allverbreitete, diese als etwas nur unter besonderen Umständen Hinzutretendes, vielleicht als Ergebnis einer allmählich vervollkommneten Anpassung an die Bedürfnisse des Sehens.

Ein zweiter Mangel der Helmholtzschen Theorie betrifft die Stellung verschiedener bunter Farben zueinander. In mannigfachen Erfahrungen zeigt sich bei diesen unverkennbar eine paarige Gliederung. So z. B. bei der gewöhnlichen Farbenblindheit. Zwei Farben erscheinen den Farbenblinden völlig neutral, ein gewisses Rot und ein gewisses Blaugrün; zwei andere erscheinen ihnen ebenso wie dem Normalsehenden, Blau und Gelb. Ebendieselben beiden Paare von Farben aber treten auch im indirekten Sehen als etwas Zusammengehöriges hervor. Und wiederum spielen sie bei den Veränderungen der objektiven Lichtintensität eine charakteristische Rolle. Bei starker Vermehrung ihrer Intensität tendieren alle Farben des Spektrums nach Gelb und Blau, bei starker Verminderung nach Rot und Grün, wobei nur am kurzwelligen Ende des Spektrums noch eine gewisse Bläulichkeit erhalten bleibt. Die Helmholtzsche Theorie beruht auf einer Dreiteilung; es ist daher kaum möglich, für die dualistische Gliederung der Farben von ihr aus ein einfaches Verständnis zu gewinnen.

Wo die gesehenen Farben auf Gelb und Blau reduziert sind, muß sie annehmen, daß die im normalen Zustande verschiedene Erregbarkeit der hypothetischen Rot- und Grünfasern identisch geworden sei. Werden nur Rot und Grün gesehen, so muß sie die gleiche Modifikation für die Grün- und Blaufasern behaupten. Solche Verschiebungen der Erregbarkeit erscheinen an sich schon wenig glaubhaft; sie werden aber geradezu unfaßbar, wenn man sich z. B. der Verhältnisse im indirekten Sehen erinnert und zu deren Erklärung jene Veränderungen konkret auszudenken versucht. Die Reduzierung der Farben auf Gelb und Blau beim Fortschreiten vom Netzhautzentrum zur Peripherie geht nicht nur allmählich vor sich, sondern hängt außerdem noch von verschiedenen Umständen ab, wie Stärke der Reizung, Größe der Farbenfelder u. a. Die Erregbarkeitsverhältnisse der Rot- und Grünfasern müßten somit nicht nur von Ort zu Ort verschiedene sein, sondern nun auch noch an ein und derselben Stelle je nach jenen Umständen hin und her schwanken.

Drittens endlich erweisen sich die Helmholtzschen Vorstellungen von Ermüdung und Erholung des Sehorgans unzureichend zur Erklärung der Tatsachen. Die Hervorrufung jeder Elementarerregung soll die betreffenden Nervenfasern ermüden und nur durch Ausruhen von jeder Reizung soll ihre volle Empfänglichkeit für äußere Reize wiederhergestellt werden. Diese Ermüdung aber darf nicht als ein allzu langsam fortschreitender Prozeß gedacht werden, denn die negativen Nachbilder, die auf ihr beruhen, sind bereits nach wenigen Sekunden deutlich merkbar und erreichen nach minutenlang fortgesetzter Ermüdung eine außerordentliche Deutlichkeit. Nun werden nach Helmholtz sowohl wenn wir Weiß sehen wie wenn wir Farben sehen alle drei Arten von Sehnervenfasern unausgesetzt in Anspruch genommen. Wenn sich also nicht zufällig in unserem Gesichtsfelde eine vollkommen schwarze Stelle befindet, der die einzelnen Netzhautpartien abwechselnd zugewandt werden, um sich einmal erholen zu können, so ist zu solcher Erholung gar keine Gelegenheit vorhanden. Die Ermüdung für jede Art der Elementarerregungen schreitet immer weiter fort, nur nimmt sie bald schneller, bald langsamer zu. Ja, genau genommen würde nicht einmal der Anblick von vollkommenem Schwarz eine Erholung ermöglichen. Denn an den objektiv lichtlosen Stellen wird ja die Netzhaut durch ihr Eigenlicht weiter gereizt, und dessen Stärke muß die Helmholtzsche Theorie, um die negativen Nachbilder bei verschlossenen Augen erklären zu können, relativ hoch ansetzen. Man denke sich jemanden, der an einem sonnigen Tage stundenlang Roggen mäht, oder einen Matrosen, der vorn auf einem im Nebel fahrenden Schiffe stundenlang den Ausguck hat. Die Leute

müßten nach Helmholtz für jede Art von Farbeneindrücken hochgradig ermüdet sein; tatsächlich sind sie sich keiner nennenswerten Veränderung ihres Farbensehens bewußt. Fick und Gürber haben durch besondere Versuche festgestellt[1], daß während eines zehnstündigen Aufenthalts in einem gleichmäßig erhellten Raume die verschiedenen Empfindlichkeiten des Auges sich nicht merklich änderten. Natürlich soll damit nicht in Zweifel gezogen werden, daß so etwas wie Ermüdung, d. h. eine Abnahme der Erregbarkeit für einen andauernden Reiz, wirklich stattfindet; wir haben ja oben genug davon gesprochen. Nur bedarf es zur Ausgleichung dieser Veränderung nicht der Ruhe des Sehorgans, sondern sie muß während seines unausgesetzten Gebrauchs zustande kommen; die Gesichtsempfindungen müssen in sich selbst ein Korrektiv dafür tragen. Sie dürfen nicht nur als ermüdend für das Sehorgan gedacht werden, sondern zugleich auch als erholend, natürlich jedes in anderer Hinsicht. Indem eine bestimmte Empfindung längere Zeit fortbesteht, erfährt die Erregbarkeit für den ihr selbst zugrunde liegenden Reiz eine Abschwächung, aber ebendamit zugleich die Erregbarkeit für einen anderen Reiz eine aktive Steigerung. Es muß mit anderen Worten den Farbenempfindungen oder vielmehr den ihnen zugrunde liegenden Erregungen ein gewisser Antagonismus zugeschrieben werden, sodaß es nur einer angemessenen Abwechselung der Eindrücke bedarf, um das Auge andauernd funktionstüchtig zu erhalten. Sonst ist die einfache Tatsache dieser fortdauernden Tüchtigkeit unverständlich.

Mit dieser Erörterung der Mängel der Helmholtzschen Auffassung sind wir nun in gewisser Weise bereits weiter und zu der vollkommeneren Heringschen Theorie hinübergeführt worden. Denn eben die drei jetzt gewonnenen Gesichtspunkte: die Notwendigkeit eines besonderen Erregungsvorganges für die neutrale Farbenempfindung, eine paarige Gliederung der Fundamentalerregungen und endlich eine antagonistische Beschaffenheit der beiden Glieder jedes Paares bilden für diese das eigentlich Charakteristische.

2. Die Heringsche Theorie.[2] Der Gesamtheit unserer Farbenempfindungen liegen nach Hering sechs qualitativ verschiedene Prozesse

---

[1] Über Erholung der Netzhaut. Graefes Arch. 36, 2, S. 250.

[2] Die Grundgedanken der Theorie in den Mitteilungen Herings „Zur Lehre vom Lichtsinn" (1874), sowie in der S. 218 Anm. genannten Abhandlung Hillebrands. Für die Erklärung der Erscheinungen im einzelnen aus den Gesichtspunkten der Theorie kommen dazu die in den Anmerkungen zu S. 218, 239, 246 erwähnten Arbeiten Herings in Betracht. Außerdem seien von diesem noch erwähnt: Zur Erklärung der Farbenblindheit aus der Theorie der Gegenfarben;

zugrunde, die irgendwo in der nervösen Substanz des Sehorgans im weiteren Sinne ihren Sitz haben. Bei isoliertem Vorhandensein der einzelnen Prozesse würden ihnen die sechs *Grundempfindungen* (oder *Urempfindungen*): Weiß, Schwarz, Gelb, Blau, Rot und Grün entsprechen.[1] Indes werden die Prozesse weder isoliert verwirklicht, noch sind sie überhaupt ganz unabhängig voneinander. Je zwei von ihnen gehen vielmehr an ein und derselben Substanz von statten, und im ganzen existieren somit für sie nur drei Sehsubstanzen, die man sich der Einfachheit halber als chemisch verschiedene und lediglich durcheinander gemischte Stoffe denken kann. Jede Substanz ist nämlich sowohl der Zersetzung, Spaltung, *Dissimilierung*, wie der Wiederherstellung, Synthese, *Assimilierung* fähig, und diese entgegengerichteten Stoffwechselvorgänge der einzelnen Sehstoffe bilden nun eben die materiellen Korrelate unserer paarweise zusammengehörigen Grundempfindungen. Die eine Substanz vermittelt die Empfindungen Schwarz und Weiß und kann daher kurz Schwarzweißsubstanz genannt werden; dementsprechend sind die beiden anderen als Blaugelbsubstanz und Rotgrünsubstanz zu bezeichnen. Dabei sind Weiß, Gelb und Rot als Dissimilierungsfarben, Schwarz, Blau und Grün als Assimilierungsfarben aufzufassen.

Ist das Sehorgan längere Zeit sich selbst überlassen, so setzt sich

---

Lotos, Jahrb. f. Naturwissensch. N. F. I; 1880. Individuelle Verschiedenheiten des Farbensinns; ebda. VI; 1885. Über Newtons Gesetz der Farbenmischung; ebda. VII; 1887. Über den Einfluß der Macula lutea auf spektrale Farbengleichungen; Pflügers Arch. **54**, S. 277; 1893.

[1] Hering führt seine Theorie ein durch Erinnerung an den besonderen Charakter der obengenannten sechs Farben für den unmittelbaren Eindruck, wegen dessen wir sie früher (S. 198) als Hauptfarben bezeichneten, und ist der Ansicht, daß seine Grundempfindungen und diese Hauptfarben ein und dasselbe seien. Für Schwarz, Weiß, Gelb und Blau ist das richtig, für Rot und Grün schwerlich. Das Heringsche Urrot soll etwas bläulicher sein als das äußerste Spektralrot; ich zweifle daher, ob ein Unbefangener gerade in ihm den eigentlichen Typus des Rot erblicken würde; keinesfalls liegt es in der Mitte der verschiedenen Farbentöne, die unter verschiedenen Umständen wohl rot genannt werden. sondern ziemlich nahe dem einen Ende. Ganz zweifellos aber würde man im gewöhnlichen Leben das Heringsche Urgrün, dem im Spektrum etwa die Wellenlänge 495 $\mu\mu$ entsprechen soll, nicht mehr für Grün, sondern für Blaugrün erklären. Natürlich folgt daraus nichts gegen die Heringsche Theorie, sondern nur, daß für die ausgezeichnete Stellung, die wir einzelnen Farben in unserer Empfindung zuerkennen, nicht nur ihre Beziehungen zu den materiellen Grundprozessen, sondern noch andere Umstände von Bedeutung sind. Das eigentlich Maßgebende für die Bestimmung der Heringschen Grundempfindungen sind u. a. die in § 15 mitgeteilten Tatsachen des indirekten Sehens und der gewöhnlichen Farbenblindheit: es sind außer Weiß und Schwarz diejenigen vier Farben, die für jene Erscheinungen mehrfach als charakteristisch genannt wurden.

der Stoffwechsel in ihm ins Gleichgewicht. Dissimilierung und Assimilierung der Sehstoffe sind also gleichstark, und wir müßten eigentlich eine gleichmäßige Mischung aus allen sechs Grundfarben erblicken. Allein die Schwarzweißsubstanz ist in viel größerer Menge vorhanden als die beiden anderen; die von ihr herrührenden Empfindungen übertönen also die farbigen Empfindungen im engeren Sinne, und wir sehen lediglich ein gewisses mittleres Grau. Anders bei der Einwirkung objektiven Lichtes. Die verschiedenen Strahlen des Spektrums haben sehr verschiedene Reizwerte (*Valenzen*) für die drei Substanzen, und dadurch entstehen je nach Umständen die allerverschiedensten Kombinationen überwiegender Dissimilierungen und Assimilierungen.

Das Nähere veranschaulicht Fig. 22. Auf die Schwarzweißsubstanz wirken alle sichtbaren Lichtstrahlen nur dissimilierend: das Maximum ihrer Wirkung liegt annähernd in der Mitte des Spektrums. Die Assimilierung der Substanz erfolgt lediglich durch die inneren Kräfte des Sehorgans: auch sie kann sehr stark werden, aber nicht durch direkte Einwirkung objektiver Reize, sondern durch ihr Aufhören nach längerem Bestehen. Beide Prozesse sind immer in irgend welcher Stärke gleichzeitig vorhanden und machen sich für das Bewußtsein auch immer gleichzeitig geltend. In jeder neutralen Farbe sehen wir stets zugleich Schwarzes und Weißes, nur bald das eine bald das andere in verschiedenem Maße überwiegend, je nach dem Verhältnis jener beiden Stoffwechselvorgänge. Auf die Blaugelbsubstanz ferner wirken dissimilierend die Strahlen vom langwelligen Ende und der Mitte des Spektrums, assimilierend die übrigen; zwischen beiden befindet sich eine Stelle, die für diese Substanz wirkungslos ist; sie hat hier sozusagen einen neutralen Punkt. Die Rotgrünsubstanz endlich wird dissimiliert durch die Strahlen größter und geringster Wellenlänge, assimiliert durch diejenigen mittlerer Wellenlänge; demgemäß befinden sich für sie zwei neutrale Punkte im Spektrum.

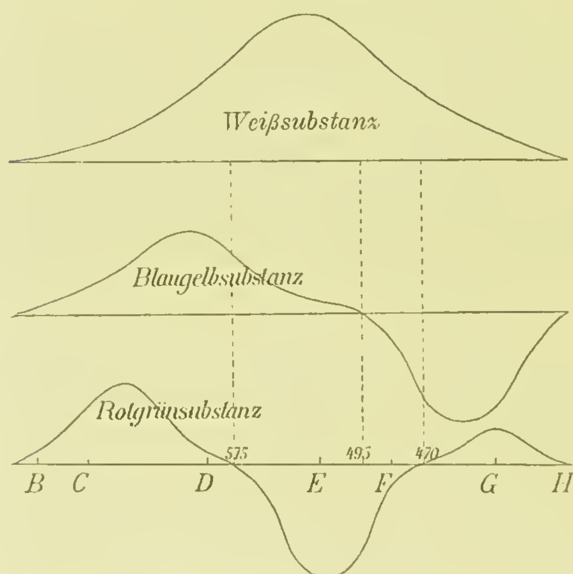


Fig. 22. Schema der Reizwerte des spektralen Lichts für die drei Sehsubstanzen der Heringschen Theorie.

Aus dem Zusammenwirken dieser verschiedenen Valenzen ergibt sich der Anblick des gewöhnlichen Spektrums. An den drei eben erwähnten neutralen Punkten findet nur eine Wirkung auf zwei Sehsubstanzen statt, und da eine von diesen die Weißsubstanz ist, kommt also hier eine der farbigen Grundempfindungen (Gelb, Grün und Blau), wenigstens dem Farbenton nach, rein zur Erscheinung. Überall sonst sind die Wirkungen auf alle drei Substanzen übereinander gelagert. Von Wichtigkeit ist dabei noch, daß die Dissimilierungsfarben Rot und Gelb, ebenso wie das gleich ihnen auf Dissimilierung beruhende Weiß, an und für sich etwas Helles an sich haben, daß sie, ganz abgesehen von einem ihnen etwa beigemischten Weiß, eine *spezifische Helligkeit* besitzen, die Assimilierungsfarben Grün und Blau dagegen, entsprechend ihrer Verwandtschaft mit Schwarz, eine *spezifische Dunkelheit*. Darauf beruht es nämlich, daß die langwellige Hälfte des Spektrums, wo die Dissimilierungsfarben überwiegen, relativ hell ist, die kurzwellige relativ dunkel, sowie ferner auch, daß die Stelle größter Helligkeit in dem Gesamtspektrum nicht mit der Stelle größter Weißvalenz zusammenfällt, sondern nach dem Gelb hin verschoben ist.

Die Erklärung der Tatsachen der Farbenmischung aus diesen Voraussetzungen ist ebenso einfach wie aus denen der Helmholtzschen Theorie, wie man bei näherer Betrachtung der drei Kurven von Fig. 22 unschwer erkennen wird. Man muß dazu nur bedenken, daß allemal, wenn durch Mischung von Licht verschiedener Wellenlängen Dissimilierung und Assimilierung desselben Sehstoffs verursacht werden, diese entgegengesetzten Wirkungen sich wechselseitig paralysieren müssen. Sind sie beide von gleicher Stärke, so heben sie sich vollständig auf; bei verschiedener Stärke kommt nur der stärkere Vorgang, und zwar mit der Differenz der Werte, zur Geltung. Die beiden Grundempfindungen Blau und Gelb sowie auch die beiden anderen, Rot und Grün, können daher an derselben Stelle des Sehfeldes niemals gleichzeitig hervorgerufen werden, weder durch homogenes noch durch gemischtes Licht, und sie werden wegen dieses antagonistischen Charakters von Hering auch wohl als *Gegenfarben* bezeichnet. Bei der Mischung von Komplementärfarben findet vollständige Aufhebung der Wirkungen auf die beiden chromatischen Sehsubstanzen statt; nur die Summe der Lichtwirkungen auf die Weißsubstanz bleibt übrig. Das durch Mischung farbiger Komponenten gewonnene Weiß ist also kein Ergänzungs- sondern sozusagen ein Restphänomen.

Während aber so die Heringsche Theorie hinsichtlich der Farbenmischungserscheinungen ihrer Vorgängerin nur nicht nachsteht, ist sie ihr in anderen Hinsichten ungemein überlegen: die Erklärung einer Reihe weiterer Tatsachen gestaltet sich für sie außerordentlich

einfach. Die Unterschiede des direkten und indirekten Sehens beruhen auf einer verschiedenen Anhäufung der Sehstoffe in der Netzhaut. Die Schwarzweißsubstanz ist überall in ziemlich gleicher Menge verbreitet. Die beiden chromatischen Substanzen dagegen fehlen auf der äußersten Randzone der Netzhaut ganz; im übrigen ist die Blaugelbsubstanz in den peripheren Bezirken etwas schwächer und die Rotgrünsubstanz sehr viel schwächer vertreten als im Netzhautzentrum. Die letztere kann daher im indirekten Sehen nur unter besonders günstigen Umständen etwas zur Empfindung beitragen.

Gleichfalls auf Verschiedenheiten des Vorkommens der Sehstoffe, nur in anderer Weise, beruht die Farbenblindheit. Die gewöhnlichen Farbenblinden sind Leute, denen die Rotgrünsubstanz fehlt; die feineren Verschiedenheiten, die sich bei ihnen beobachten lassen (S. 211), beruhen nach Hering lediglich auf Verschiedenheiten des Maculapigments oder auch auf gelblicher Färbung der Linse. Den total Farbenblinden fehlen die beiden chromatischen Substanzen; sie sehen nur mit Hilfe der Schwarzweißsubstanz.

Die Änderungen der Farben ferner bei starken Intensitätsänderungen des objektiven Lichtes erklären sich durch die verschiedene Lichtempfindlichkeit und die verschiedene Menge der Sehstoffe. Die Schwarzweißsubstanz ist bei weitem am empfindlichsten. Bei äußerst schwachem Licht wird sie somit bereits zersetzt, wenn eine Wirkung auf die chromatischen Stoffe noch nicht stattfindet. Daher die Farblosigkeit des Dunkelspektrums und die Gleichheit der Helligkeitsverteilung in ihm und dem Spektrum der total Farbenblinden, die Hering nach seiner Theorie sogar voraussagte, ehe sie tatsächlich bekannt war. Bei wachsender Lichtintensität wird zunächst die Rotgrünsubstanz, danach die Blaugelbsubstanz in Mitleidenschaft gezogen. Das Spektrum wird also, indem es an Helligkeit gewinnt, in einer bestimmten Aufeinanderfolge der Eindrücke zugleich farbig. Dabei aber erfolgt diese Aufhellung wegen der spezifischen Helligkeit der Dissimilierungsfarben und der spezifischen Dunkelheit der Assimilierungsfarben nicht in allen seinen Teilen gleichmäßig, sondern dort, wo jene überwiegen, mit einer relativen Beschleunigung, dort wo diese, mit einer relativen Verlangsamung. Daher also das Purkinjesche Phänomen, die Verschiebung der relativen Helligkeiten bei Intensitätsänderungen. Bei sehr starker Erhöhung der Lichtintensität endlich erschöpfen sich die Sehstoffe. Am wenigsten natürlich die reichlich vertretene Schwarzweißsubstanz, am meisten die in geringster Menge vorhandene Rotgrünsubstanz. So erklärt sich die große Weißlichkeit der sehr lichtstarken Farben, sowie die gleichzeitige Einschränkung ihrer Farbentöne auf Gelb und Blau.

Für das Verständnis der übrigen Tatsachen des Sehens, Kontrast, Adaptation usw., fügt die Heringsche Theorie den bisher besprochenen Annahmen nun noch zwei weitere und für sie sehr naheliegende hinzu. Erstens läßt sie jeden Reiz außer der direkten Wirkung, die er auf der von ihm getroffenen Netzhautstelle entfaltet, zugleich noch eine andere und *indirekte Wirkung* ausüben. Jeder Reiz ruft in der gesamten übrigen Netzhaut, und zwar am stärksten in der unmittelbaren Umgebung der direkt getroffenen Stelle, die seinen eigenen optischen Valenzen antagonistischen Grundprozesse hervor, für das Bewußtsein also die Empfindung der Gegenfarbe für jede der in Mitleidenschaft gezogenen Sehsubstanzen. Darauf beruhen die Erscheinungen des Kontrastes. Außerdem aber betrachtet sie die Empfindungswirkung jedes Reizes als abhängig nicht nur von seinen (in Fig. 22 veranschaulichten) optischen Valenzen und seiner Intensität, sondern zugleich auch von der jeweiligen *Erregbarkeit* des Sehorgans und nimmt an, daß diese hinsichtlich aller sechs Grundprozesse eine verschiedene sein könne. Die konkrete Grundlage der verschiedenen Erregbarkeiten bildet die Menge des für jeden Prozeß zur Verfügung stehenden Materials. Denkt man sich diese Mengen zu verschiedenen Zeiten als verschieden, so findet ein und derselbe äußere Reiz bald geringere bald größere Gelegenheit zur Betätigung seiner verschiedenen Valenzen und verursacht mithin jenachdem eine schwächere oder stärkere Gesamterregung. Nun liegt eine fortwährende Veränderung jener Materialien der Grundprozesse durch den Akt des Sehens selbst geradezu in der Konsequenz der bisherigen Annahmen der Theorie, weil jede Dissimilierung den zersetzbaren Stoff naturgemäß vermindert und ebendamit das Assimilationsmaterial vermehrt, jede Assimilierung umgekehrt. Damit ist aber ein Gesichtspunkt zur Erklärung vieler weiterer Tatsachen gewonnen.

Befindet sich beispielsweise die Blaugelbsubstanz unter dem Einfluß der inneren Reize der Netzhaut im Stoffwechselgleichgewicht und dem Auge wird ein gelbes Feld auf grauem Grunde geboten, so wird auf einer bestimmten Netzhautstelle die Dissimilierung der Substanz stark gesteigert. Eben indem das geschieht, vermindert sich das vorhandene Dissimilierungsmaterial; der Reiz dissimiliert also in der Zeiteinheit immer weniger, die Empfindung Gelb wird schwächer. Zugleich ist Verminderung des Dissimilierungsmaterials identisch mit Vermehrung des Assimilierungsmaterials. Da die inneren Netzhautreize, welche Licht aller Wellenlängen enthalten, fortdauern, so müssen sie trotz ihrer geringen Intensität das immer reichlicher sich ansammelnde Assimilierungsmaterial in immer größeren Mengen tatsächlich assimilieren. Die Empfindung Gelb wird also abermals

schwächer, die Farbe des Feldes nähert sich bei andauernder Fixation der Neutralität (Adaptation). In seiner Umgebung verlaufen die Dinge umgekehrt. Der Dissimilierungsreiz des begrenzten Feldes setzt hier Assimilierung der Blaugelbsubstanz, die Umgebung bekommt also einen Stich ins Blaue. Indem jedoch dieser Vorgang andauert, wird das Assimilierungsmaterial vermindert, d. h. das Dissimilierungsmaterial vermehrt, und wegen dieser gesteigerten Erregbarkeit für die ja gleichfalls vorhandenen Zersetzungsreize bekommen nun unter Umständen die Dissimilierungen das Übergewicht, und die Umgebung erscheint gelblich gefärbt, wie das eingeschlossene Feld (Lichtinduktion). Wird die äußere Reizung nach einigem Bestehen unterbrochen, so hält doch die Gleichgewichtsstörung der Stoffwechselvorgänge noch eine Weile an. Auf der Netzhautstelle, die vorher von dem Bilde des gelben Feldes eingenommen war, ist viel Assimilierungsmaterial, in ihrer Umgebung viel Dissimilierungsmaterial der Blaugelbsubstanz angehäuft. Wirkt also jetzt eine sonst neutrale Reizung auf die Netzhaut, so erscheint zunächst ein blaues Feld auf gelblichem Grunde, d. h. das negative Nachbild. Wie die unter Umständen überraschend große Helligkeit und Farbenpracht der negativen Nachbilder durch diese Zurückführung auf eine sozusagen aktive Produktion der Gegenfarbe ganz anders zu ihrem Rechte kommt als bei ihrer Ableitung aus Ermüdung, liegt auf der Hand. Ebenso wie es möglich ist, daß das Auge den ganzen Tag lang ununterbrochen funktionsfähig bleiben kann, lediglich durch den fortwährenden Wechsel verschiedenartiger Erregungen.

Ihre umfassende Brauchbarkeit zur Erklärung der Erscheinungen hat der Heringschen Theorie eine schnell wachsende Zahl von Anhängern verschafft; eine Zeitlang konnte sie fast als die allein herrschende betrachtet werden. Indes mit der zunehmenden Erweiterung unserer Kenntnis der Tatsachen haben sich auch die ihr entgegenstehenden Schwierigkeiten erheblich vermehrt. Gegenwärtig kann auch sie nicht mehr als ausreichend gelten; sie bedarf der Ergänzung oder Umgestaltung.

Zunächst leidet sie an einer gewissen inneren Ungleichmäßigkeit. Dem Antagonismus zwischen Dissimilierung und Assimilierung wird nämlich von Hering für das Bewußtsein eine ganz verschiedene Bedeutung zugeschrieben, je nachdem es sich um die Schwarzweißsubstanz oder die chromatischen Substanzen handelt. Bei jener sollen die beiden entgegengesetzten Prozesse, wie sie stets gleichzeitig vorhanden sind, so auch in der Empfindung stets gleichzeitig ihr Korrelat haben. In jedem Hellen oder Dunkeln sehen wir allemal zugleich die Assimilationsfarbe Schwarz und die Dissimilationsfarbe Weiß, nur jede in verschiedenem Grade, je nach der Helligkeit des Eindrucks und

dem dafür maßgebenden Verhältnis der beiden materiellen Prozesse. Bei den chromatischen Substanzen dagegen sollen Dissimilierung und Assimilierung, falls sie durch gemischtes Licht gleichzeitig hervorgerufen werden, in der entstehenden Empfindung nicht beide zugleich zur Geltung gelangen. Vielmehr sollen sich beide, soweit sie gleich stark sind, wechselseitig aufheben, sodaß für das Bewußtsein immer nur der stärkere Prozeß und zwar mit der Differenz ihrer beiden Werte Bedeutung gewinnt. Natürlich ist diese Annahme notwendig, um zu erklären, daß wir in jedem Grau eine gleichzeitige Verwandtschaft mit Weiß und Schwarz, aber niemals in irgend einer Farbe eine gleichzeitige Verwandtschaft mit zwei Gegenfarben empfinden. Gleichwohl aber sind das nun zwei Auffassungen der antagonistischen Prozesse, die nicht beide zugleich Geltung beanspruchen können.

Von größerer Wichtigkeit noch sind die folgenden drei Punkte.

a) Die Zurückführung der beiden Typen der Rotgrünblindheit auf verschiedene Stärke des Maculapigments ist unzulänglich. Denn, wie namentlich von Kries gezeigt hat, unterscheiden sich die beiden Typen auch noch in der Wahrnehmung homogenen roten und gelben Lichtes, das durch die Macula überhaupt nicht absorbiert wird.

b) In der äußersten Peripherie des normalen Gesichtsfeldes erscheinen alle Farben neutral, als verschiedene Schattierungen Grau; nach der Heringschen Theorie wirken sie also hier bloß auf die Schwarzweißsubstanz. Danach müßte man nun erwarten, daß ihre relativen Helligkeiten sich ebenso zueinander verhalten wie bei sehr geringen Lichtintensitäten und Dunkeladaptation oder wie für den total Farbenblinden; denn in diesen beiden Fällen wird ja gleichfalls nur vermittelst der Weißsubstanz gesehen. Indes diese Übereinstimmung besteht keineswegs. Sondern, soweit bei der Schwierigkeit der Beobachtung ein Urteil möglich ist, behalten die indirekt grau erscheinenden Farben annähernd dieselben relativen Helligkeitswerte, die ihnen bei direkter Betrachtung zukommen (S. 212).

c) Besonders ins Gewicht endlich fallen die Tatsachen des Dämmerungssehens. Zwei physikalisch verschieden zusammengesetzte weiße Felder, die bei größeren Lichtintensitäten einander genau gleich sind, behalten diese Gleichheit im allgemeinen nicht bei gleichmäßiger starker Herabsetzung der Lichtintensitäten und Dunkeladaptation (S. 229). Und unter den gleichen Umständen wird ferner die Stelle des deutlichsten Sehens nahezu unempfindlich gegen schwaches Licht jeder Wellenlänge (außer Rot). Daß für diese beiden völlig sichergestellten Tatsachen die Heringsche Zurückführung der Weißempfindung auf eine einzige durch das ganze Sehorgan verbreitete Weiß-

substanz mit je einer bestimmten Zersetzbarkeit durch das Licht der verschiedenen Wellenlängen keine ausreichende Erklärung bietet, liegt auf der Hand.

3. Duplizitätstheorie. In welcher Weise den dargelegten Mängeln der Heringschen wie auch der Helmholtzschen Theorie abzuhelfen sei, ist in den letzten Jahren Gegenstand vielfacher Spekulationen gewesen. Zu einem vollen Erfolg haben sie noch nicht geführt. Die immer weitergreifende und eindringendere Beschäftigung mit den Tatsachen vielmehr, zu der der Streit um die Theorien Anlaß gegeben hat, hat die Einsicht geweckt, daß die Dinge wie auf fast allen Gebieten des geistigen und körperlichen Lebens so auch hier viel verwickelter sind, als man sich zunächst vorgestellt hatte, und daß wir erst in den Anfängen eines Verständnisses für sie stehen. Aber ein solcher Anfang ist allerdings gemacht; eine wenn auch nicht das ganze Gebiet umfassende, so doch eine große Gruppe von Tatsachen erklärende Annahme erscheint gesichert. Diese Teiltheorie beruht auf einem genaueren Studium der Erscheinungen des Dämmerungssehens in seiner Verschiedenheit von dem Tagessehen; zugleich aber bringt sie diese in sehr glücklicher Weise in Beziehung zu bestimmten im Auge sichtbar und greifbar gegebenen Dingen.

Ihre Grundzüge sind diese. Das Auge ist ein Doppelapparat; es umschließt in und durcheinander gearbeitet zwei sich zweckmäßig ergänzende aber ganz verschiedenen Zwecken dienende Einrichtungen, die eine für das Sehen im Dunkeln oder vielmehr beinahe Dunkeln, die andere für das Sehen im Hellen. Dieser Doppelfunktion entsprechen die beiden in dem Sinnesepithel der Netzhaut unterscheidbaren Arten von Elementen: den Dienst des *Dunkelauges* versehen die Stäbchen mit dem in ihren Außengliedern enthaltenen Sehpurpur, den des *Hellauges* die Zapfen. Die dabei für unser Bewußtsein vermittelten Empfindungen sind bei den Zapfen die gesamten oben beschriebenen Farbenempfindungen in ihrer dreidimensionalen Mannigfaltigkeit, bei den Stäbchen lediglich die eines lichtschwachen Weiß in verschiedenen Stärkegraden (oder vielmehr die eines Bläulichweiß, wie wir es z. B. bei einer Mondscheinlandschaft sehen). Beide Apparate werden in Tätigkeit versetzt durch die Lichtstrahlen im Bereich des sichtbaren Spektrums, aber in erheblich verschiedener Weise. Auf die Zapfen wirken relativ am stärksten die langwelligen Strahlen, auf die Stäbchen dagegen solche mittlerer Wellenlänge. Die Strahlen größter Wellenlänge wirken nur auf die Zapfen. Außerdem besteht nun der Unterschied, daß schwaches Licht die Zapfen noch gar nicht zu erregen vermag, sodaß die Stäbchen allein funktionieren, während umgekehrt

bei starkem Licht der Sehpurpur sehr schnell ausgebleicht wird und dann die Stäbchen außer Tätigkeit treten.

Eine bedeutende Stütze der Theorie bildet die kürzlich mit großer Genauigkeit nachgewiesene Tatsache, daß die Verteilung der Helligkeiten in einem lichtschwachen Spektrum fast vollkommen übereinstimmt mit der Intensität der chemischen Wirkung der verschiedenen Lichtstrahlen auf den Sehpurpur. D. h. die Wellenlängen, die uns in einem eben noch sichtbaren Spektrum subjektiv den Eindruck größter Helligkeit machen, sind eben die, die auch den Sehpurpur am stärksten ausbleichen, und ebenso entsprechen die Bleichungswerte der übrigen Strahlen durchweg sehr genau ihren Helligkeitswerten für das Dämmerungssehen.

Sodann gewinnen die sämtlichen Tatsachen, die mit dem Purkinjeschen Phänomen (S. 219) zusammenhängen, im Lichte dieser Theorie betrachtet, Klarheit und Zusammenhang und werden dadurch zu einer weiteren Stütze für sie. Bei starker Lichtintensität liegt die Stelle größter Helligkeit des Spektrums im Gelb; bei Abschwächung des Lichtes verschiebt sie sich allmählich bis in die Gegend des Grün; zugleich verschwindet alle Buntheit des Spektrums und es wird zu einem farblosen Streifen. Das beruht darauf, daß bei starkem Licht allein die Zapfen funktionieren, bei seiner Abschwächung allmählich auch die Stäbchen in Tätigkeit treten, während die Zapfen schließlich ganz wegfallen, und daß nun die Bedeutung beider Apparate für die Empfindung die soeben angegebene Verschiedenheit besitzt. Das Fehlen des Phänomens im Netzhautzentrum ist natürlich, weil eben hier die Stäbchen fehlen. Aus demselben Grunde erklärt sich die Überlegenheit der Netzhautperipherie über das Netzhautzentrum für die Wahrnehmung schwächster Helligkeiten (S. 222). Auch das in engstem Zusammenhang mit dem Purkinjeschen Phänomen stehende Ungleichwerden von Farbengleichungen bei ausgiebigen Intensitätsänderungen (S. 229) wird begreiflich: bei großer Helligkeit ist die Gleichheit der Zapfenvalenzen das für die Beurteilung Maßgebende, bei geringer Helligkeit die Gleichheit der Stäbchenvalenzen, und beide stimmen eben nicht überein.

Endlich aber eröffnet sich von den Gesichtspunkten der Theorie aus ein Verständnis für die verschiedenen Erscheinungen der angeborenen totalen Farbenblindheit (S. 212). Die mit ihr Behafteten sind als reine Stäbchenseher zu betrachten, deren Zapfen aus irgendwelchen Gründen funktionsuntüchtig geworden sind. Daraus erklärt sich zunächst ihre Lichtscheu: der Dunkelapparat verträgt keine allzu großen Lichtintensitäten. Das Oszillieren der Augen und die geringe Sehschärfe beruhen darauf, daß sie mit dem Netzhautzentrum nichts

sehen, sondern allein auf die Peripherie angewiesen sind, doch aber wegen des angeborenen Reflexmechanismus immer das Zentrum auf die jeweilig interessierenden Dinge einzustellen streben. Die Übereinstimmung ihres Sehens endlich mit dem der Normalsehenden bei schwächstem Licht — in der Farblosigkeit des Spektrums, der Verteilung der Helligkeiten in ihm, dem frühen Aufhören des Flimmerns bei rotierenden Scheiben (S. 260) — ergibt sich ohne weiteres, da die Normalsehenden in der Dämmerung auch reine Stäbchenseher sind.

Einzelne Annahmen im Sinne der Duplizitätstheorie sind von verschiedenen Autoren gemacht worden. Das Hauptverdienst um ihre Ausbildung und ihre Begründung durch neue Tatsachen hat v. Kries, von dem auch der Name herrührt.[1].

Wie sich nun dereinst einmal eine befriedigende Theorie des Tagessehens der dargelegten über das Dämmerungssehen angliedern wird, ist zurzeit nicht zu übersehen. Eine Schwierigkeit für sie liegt darin, daß die beiden in gewisser Hinsicht so verschieden arbeitenden Apparate der Stäbchen und Zapfen doch auch zugleich in einer nahen Beziehung zueinander stehend gedacht werden müssen, da doch eine Empfindung, die Haupt- und Urempfindung des Auges, Weiß, durch beide hervorgerufen werden kann. Eine weitere Schwierigkeit ist dann z. B. die folgende. Während gewisse oben mitgeteilte Tatsachen durchaus auf eine paarig gegliederte Vierzahl der Grundempfindungen unseres Farbensehens im engeren Sinne hinweisen, drängt eine andere Tatsache ebenso entschieden zur Ansetzung einer Dreizahl dieser Grundempfindungen im Sinne der Helmholtzschen Theorie. Das ist die Verschiedenheit der beiden Arten von Rotgrünblinden (S. 211). Die von ihnen gesehene Helligkeitsverteilung im Spektrum sowie die für sie gültigen Farbengleichungen fügen sich am leichtesten der Vorstellung, daß wir es hier mit zwei Arten des Sehens zu tun haben, die sich von dem normalen durch den Wegfall einer ersten oder einer zweiten der drei Helmholtzschen Grunderregungen unterscheiden, nämlich durch das Fehlen der sog. Rot- oder der sog. Grünerregung (Fig. 21 S. 266). Daher auch die v. Kriesschen Namen der Protanopen und Deuteranopen. Schon vor langer Zeit hat v. Kries die Vermutung ausgesprochen, daß die beiden so geforderten Gliederungen nach drei und nach vier Komponenten vielleicht in verschiedenen Abschnitten des gesamten Sehapparats hintereinander verwirklicht seien, und zwar die auch der unmittelbaren Empfindung nahestehende vierkomponentige Gliederung in den zerebralen, die andere in den peripheren Teilen des Sehorgans. Indes bestimmte weitere Stützen dieser Ansicht haben sich noch nicht finden lassen.

---

[1] Zusammenfassende Darstellung der v. Kriesschen Theorie jetzt in Nagels Handb. d. Physiol. 3, 1 u. a. S. 184 u. 266. — Über die Lichtabsorption des Sehpurpurs: A. König, Über den menschlichen Sehpurpur und seine Bedeutung für das Sehen. Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1894 Nr. 30 S. 577 (Ges. Abh. S. 338). Trendelenburg, Quantitative Untersuchungen über die Bleichung des Sehpurpurs. Zeitschr. f. Psychol. usw. 37, S. 1. 1904.

B. Die Gehörsempfindungen.[1]

§ 23. Bau und physikalische Funktion des Ohres.

1. Allgemeines. Das Ohr dient zwei ganz verschiedenen Funktionen, die auch an zwei verschiedene Nerven geknüpft sind, nämlich erstens der Vermittlung von Gehörsempfindungen, zweitens der Verwertung von Eindrücken, die mit der Stellung und Bewegung des Kopfes zusammenhängen. Von dieser zweiten Klasse von Eindrücken kann erst später die Rede sein; die den beiden Funktionen dienenden Teile des Organs aber sollen wegen ihres anatomischen Zusammenhanges und wegen der allgemeinen Ähnlichkeit ihrer Struktur hier gleich zusammen behandelt werden.

In seinem Bau ist das Ohr das komplizierteste aller Sinnesorgane: es besteht aus einem verwickelten System von Hohlräumen und feinen Kanälen, die tief in den Knochen hineingearbeitet sind und durch ihre Unzugänglichkeit die Gewinnung einer klaren Anschauung noch besonders erschweren. Der gemeinsame Zweck dieser Röhrensysteme scheint zu sein: beliebig gerichtete und beliebig zusammengesetzte Bewegungen und Erschütterungen der Umgebung in bestimmt gerichtete und in bestimmter Weise vereinfachte Bewegungen zu verwandeln und nach solcher Reduktion zur Einwirkung auf die Nerven zu bringen. Zum großen Teile werden jene umzuwandelnden Bewegungen dem Ohre durch die Luft zugeführt. Es besteht daher naturgemäß aus zwei Teilen, einem lufthaltigen (*Schallrohr* genannt) zum Auffangen der Lufterschütterungen, und einem wasserhaltigen (*Labyrinth*) zu ihrer Umformung und Übertragung auf die Nervenendigungen. Beide Teile kommunizieren miteinander nur durch zwei kleine *Fenster* in der Knochenwand des Labyrinths, die mit Membranen überkleidet sind; im übrigen sind sie völlig voneinander getrennt.

2. Das Schallrohr und seine Apparate. Der lufthaltige Teil des Ohres besteht aus einem mannigfach gebuchteten Rohr, das vom Grunde der Ohrmuschel bis in den Nasenrachenraum führt (Fig. 23, *D B E*). Es mißt in der Länge etwa 7 cm; im Breiten-

[1] Gesamtdarstellungen: H. v. Helmholtz, Die Lehre von den Tonempfindungen; 4. oder (fast gleichlautende) 5. Aufl. Hensen, Physiologie des Gehörs; Hermanns Handb. der Physiol., Bd. 3, 2. Vorwiegend die anatomischen, physiologischen und pathologischen Verhältnisse in mehreren Kapiteln des Handb. der Ohrenheilk. von H. Schwartze, Bd. 1. K. L. Schaefer, Der Gehörssinn; Nagels Handb. der Physiol. Bd. 3, 2. 1905. Das eigentlich Psychologische am besten und eingehendsten bei C. Stumpf, Tonpsychologie; 2 Bde.

durchmesser variiert es ungefähr von 1 cm bis zu 1 mm. Da, wo das Rohr an der Knochenkapsel des Labyrinths vorüberführt, ist es zu einem etwas größeren Hohlraum, der *Paukenhöhle* (*B B* der Fig.), erweitert, der zugleich noch gegen das äußere Ohr durch eine dünne Membran, das *Trommelfell* (*c c*), abgesperrt ist. So entstehen im ganzen drei Teile: der äußere Gehörgang von der Ohrmuschel bis zum Trommelfell, die Paukenhöhle mit dem Schallleitungsapparat und die Ohrtrompete oder *Tuba* (*B E*) zwischen Paukenhöhle und Nasenrachenraum. Für gewöhnlich ist die Paukenhöhle auch gegen den Nasenrachenraum abgeschlossen, da die Tubenwände streckenweise aneinander liegen. Bei jedem Schluckakt indes klaffen sie voneinander, und dann ist also Gelegenheit gegeben, daß die Luft der Paukenhöhle und die Außenluft bei etwaigen Druckverschiedenheiten sich wieder ins Gleichgewicht setzen können.

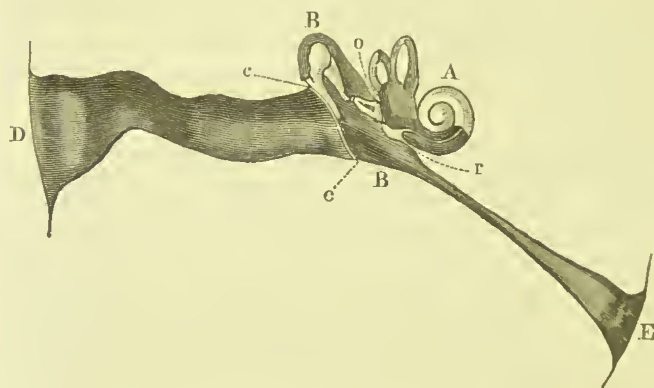


Fig. 23. Schematischer Durchschnitt des Ohres (nach von Helmholtz).
D äußerer Ohreingang. *B B* Paukenhöhle. *E* Tubenöffnung. *A* Labyrinth. *c c* Trommelfell. *o* ovales, *r* rundes Fenster.

Die in den äußeren Gehörgang eindringenden Lufterschütterungen werden in ihrer ganzen Breite aufgefangen durch das Trommelfell. Dies ist eine sehr dünne, nahezu kreisförmige Membran von etwas weniger als 1 cm Durchmesser, die ziemlich schräge zur Längsachse des Gehörgangs ausgespannt und in der Mitte etwas nach der Paukenhöhle zu eingezogen ist (Nabel). Von außen kann man sie zu Gesicht bekommen, wenn man bei guter Beleuchtung des Ohreinganges die Ohrmuschel etwas nach oben und hinten zieht. Um Bau und Funktion des Trommelfells zu verstehen, denke man sich einen flachen Trichter, dessen Wandung aus radiär gestellten biegsamen Stäbchen besteht. Von außen sei um die Wandung parallel dem Trichterrande eine Lage straff angezogener Gummifäden gewickelt. Durch deren Druck müssen natürlich die Stäbchen etwas nach innen eingebogen werden, wie Fig. 24 (*an* und *bn*) veranschaulicht. Ganz ähnlich verhält es sich mit dem Bau des Trommelfells. Es besteht aus radiären und cirkulären elastischen Fasern, deren Spannungen eben so verteilt sind, daß das Ganze einen flachen Trichter mit leicht nach innen gewölbter

Wandung bildet. Stößt nun eine durch den Gehörgang fortschreitende Luftverdichtung auf diese Fläche, so strebt der Druck der Luftteilchen (*l*), der sich überall senkrecht gegen die Oberfläche geltend macht, die gebogenen Radiärfasern (*a n* und *b n*) gerade zu strecken. Sie können dem nicht anders nachgeben, als indem sie ihren gemeinsamen Mittelpunkt *n*, den Nabel des Trommelfells, etwas nach innen verschieben, und die Kraft, mit der diese Verschiebung erfolgt, ist offenbar gleich dem Druck, der auf die ganze Oberfläche des Trommelfells zusammen ausgeübt wird. Entsprechend umgekehrt bei Luftverdünnungen. Die Wirkung des Trommelfells besteht also nicht nur in dem einfachen Auffangen der Lufterschütterungen, sondern zugleich darin, die dabei an einer größeren Fläche stattfindenden Druckschwankungen konzentriert auf eine relativ kleine Stelle zu übertragen. Besonders bemerkenswert ist dabei noch, daß die Membran (ähnlich wie Telephonplatten und Phonographmembranen) Erschütterungen von außerordentlich verschiedener Schwingungsfrequenz mit gleicher Treue zu folgen vermag. Sie zeigt keine merkliche Vorliebe für ihre Eigenschwingungen, was ja auch für die objektive Deutung unserer Gehörseindrücke höchst störend wäre. Vermutlich beruht dieser Vorzug wesentlich darauf, daß alle Bewegungen des Trommelfells durch den gleich zu besprechenden Schallleitungsapparat der Paukenhöhle stark gedämpft sind. Dadurch wird zwar die Amplitude aller seiner Schwingungen und somit auch seine Empfindlichkeit herabgemindert, zugleich aber werden die Unregelmäßigkeiten des Mitschwingens, die sonst durch seine besondere Abstimmung hervorgebracht würden, beseitigt.

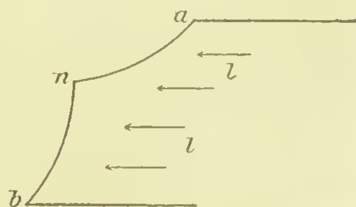


Fig. 24. Schematischer Vertikalschnitt durch das Trommelfell.

Die von dem Trommelfell aufgefangenen Lufterschütterungen werden weitergeleitet und dem Labyrinth zugeführt durch die Kette der Gehörknöchelchen. Es sind deren drei, nach ihren Formen *Hammer*, *Amboß* und *Steigbügel* genannt. Ihre genauere Gestalt, sowie ihre Lage zu einander ist aus Fig. 25 ersichtlich, die Art, wie sie sich durch den Raum der Paukenhöhle von dem Trommelfell zu dem oberen der beiden Labyrinthfenster (dem *ovalen* Fenster) hinüberwölben, aus Fig. 23. Der Hammer ist mit seinem Stiel fest an das Trommelfell gewachsen,

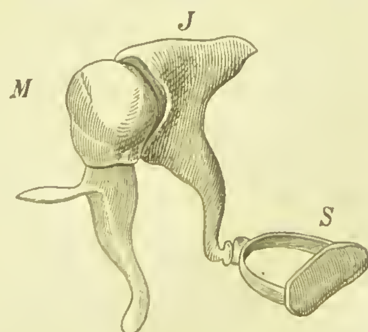


Fig. 25. Gehörknöchelchen ($^4/_1$). *M* Hammer. *J* Amboß. *S* Steigbügel.

von dessen oberem Rande bis zum Nabel. Von seinem Halse spannen sich verschiedene Ligamente zur Wand der Paukenhöhle, um die er wie um eine Achse schwingen kann, und die ihn gleichzeitig in seiner Lage fixieren. Der keulenförmige Kopf greift in eine entsprechend geformte flache Aushöhlung des Amboß ein. Dieser selbst „hat etwa die Gestalt eines zweiwurzeligen Backzahns, dessen Kaufläche das Gelenk gegen den Hammer bildet“ (Helmholtz). Von den beiden weit auseinander gespreizten Wurzeln ist die eine wieder durch feste Bänder an der Wand der Paukenhöhle befestigt. Die andere, längere, ist ungefähr parallel dem Hammerstiel gerichtet und trägt an ihrem Ende den Steigbügel, der den noch übrigen Raum bis zu dem ovalen Fenster überbrückt. Er füllt die Öffnung dieses Fensters vollständig aus; vermöge der Anheftungsweise aber durch Membran- und Knorpelsubstanz behält er gleichzeitig eine gewisse Beweglichkeit.

Seiner Wirkungsweise nach ist das System der Knöchelchen zu bezeichnen als ein gegliederter und infolge dieser Gliederung nur nach einer Seite hin wirkender Winkelhebel. Die Drehungsachse des Hebels geht durch den Kopf des Hammers; seine beiden Schenkel sind der Hammerstiel und der längere Amboßfortsatz. Die Gliederung liegt in dem Hammeramboßgelenk. Wird nämlich der Hammerstiel durch das Trommelfell nach innen gedrückt, so greifen Hammerkopf und Amboß vermöge zweier sperrzahn-ähnlicher Vorsprünge fest ineinander; der Amboß muß also die Bewegung des Hammerstiels mitmachen. Der an dem Amboßfortsatz sitzende Steigbügel wird daher gleichfalls nach innen gedrückt und überträgt die Bewegung und den Druck des Trommelfellnabels auf das ovale Fenster und das dahinter befindliche Labyrinthwasser. Wird dagegen der Hammerstiel durch eine Luftverdünnung nach außen gezogen, so weichen die erwähnten Sperrzähne auseinander; der Hammerkopf gleitet daher ohne Widerstand über die Gelenkfläche des Amboß zurück, und dessen Rückbewegung erfolgt lediglich durch den Gegendruck des Labyrinthwassers. Die ganze Einrichtung ist als eine Schutzvorkehrung aufzufassen: sie verhütet, daß bei allzu heftigen Erschütterungen der Steigbügel etwa aus dem ovalen Fenster herausgerissen werde. Übrigens sind die Exkursionen der Knöchelchen immer nur äußerst klein. Am Steigbügel gelang es Helmholtz, sie zu messen, und er fand, daß sie $^{1}/_{10}$ mm jedenfalls nicht überschreiten.

Außer durch die Bewegungen des Trommelfells werden die Gehörknöchelchen noch durch den Zug zweier Muskeln beeinflußt. Der eine, größere, ist an dem Stiel des Hammers befestigt und zieht bei seiner Kontraktion diesen samt dem Trommelfell nach innen. Er heißt daher der *Trommelfellspanner* (m. tensor tympani). Als Zweck seiner Funktion hat man Verschiedenes vermutet: Schutz

des Schallleitungsapparates durch Dämpfung seiner Schwingungen bei überlauten tiefen oder mittelhohen Tönen, oder auch eine Art Einstellung des Trommelfells auf die jeweilig einwirkenden Schwingungen durch eine Veränderung seiner Abstimmung. Beides ist fraglich. Der andere Muskel greift am Steigbügel an und zieht bei seiner Kontraktion dessen Fußplatte an einer Seite etwas aus dem ovalen Fenster heraus; doch besteht über die Bedeutung dieser Einwirkung noch weniger Klarheit als bei dem Trommelfellspanner.

3. Das Labyrinth. Der Bau des wasserhaltigen Ohres, das seinen Namen Labyrinth sehr mit Recht führt, wird bestimmt durch seine innersten und zugleich die Endausbreitungen der beiden Sinnesnerven enthaltenden Teile. Diese bestehen aus einem allseitig geschlossenen System von zwei kleinen häutigen Säckchen und mehreren damit verbundenen feinen Kanälchen, die zusammen als *häutiges Labyrinth* (Fig. 26) bezeichnet werden. Das kleinere und im Kopfe nach vorn liegende Säckchen, das *runde* (*f*) genannt, steht in Zusammenhang mit einem etwa 3 Zentimeter langen und blind endigenden Kanal, der, gleichsam behufs Raumersparnis, in Schneckenhauswindungen aufgewunden ist (*häutige Schnecke, h, i*). Das andere, *elliptische* Säckchen (*e*), welches mit dem runden kommuniziert, trägt drei kürzere Kanälchen, die je mit einer flaschenförmigen Verdickung (*Ampulle*) aus ihm entspringen und dann im Bogen wieder zu ihm zurückkehren (*häutige Bogengänge, a, b, c*). Die Ebenen, in denen die einzelnen Bogengänge verlaufen, sind in eigentümlich regelmäßiger Weise zueinander orientiert; sie stehen nämlich beinahe rechtwinkelig aufeinander. Die Bogengänge sind also ungefähr angeordnet, wie wenn sie in den drei in einer Ecke zusammenstoßenden Wänden eines Zimmers lägen; es gibt einen horizontalen und zwei vertikale Bogengänge. In ihrem Inneren sind die Säckchen und Kanäle, abgesehen von den gleich zu besprechenden Apparaten, die sie enthalten, von einer wasserartigen Flüssigkeit erfüllt, der sogenannten *Endolymphe*.

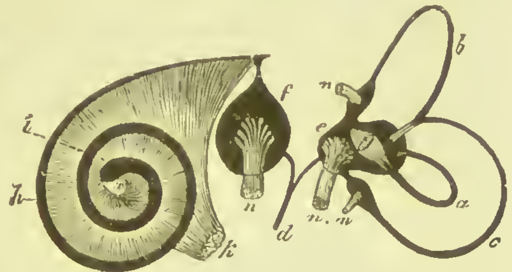


Fig. 26. Schema des häutigen Labyrinths (nach Hensen).
e elliptisches, *f* rundes Säckchen.
a, b, c häutige Bogengänge, *h, i* häutige Schnecke.
k Schneckennerv, *n* Vestibularnerv.
d Apuaeductus vestibuli (feiner Verbindungskanal zwischen den beiden Vorhofssäckchen, der in der Schädelhöhle blind endigt).

Dieses ganze System ist nun eingeschlossen und befestigt in der festen Kapsel des knöchernen Labyrinths. Im allgemeinen und groben bildet dieses die Formen des häutigen Labyrinths nach; es wird aber von ihm nur zum kleinen Teil ausgefüllt und enthält in den übrigbleibenden Zwischenräumen wiederum eine wasserartige Flüssigkeit,

die *Perilymphe.* Am engsten ist der Anschluß zwischen den beiden Gebilden bei den Bogengängen. Die knöchernen Bogengänge bilden lediglich ein festes Gehäuse für die in ihnen angehefteten häutigen, ohne daß den verbleibenden Spalträumen zwischen beiden eine weitere selbständige Bedeutung zukommt. Eine größere Unabhängigkeit zwischen Hülle und Inhalt besteht bereits bei den Säckchen. Das runde und das elliptische Säckchen liegen beide gemeinsam in demselben Hohlraum des umschließenden Knochens, dem *Vorhof.* Sie nehmen aber hier nur einen kleinen Teil des verfügbaren Raumes ein, an der Hinterwand des Vorhofs, und die das Übrige ausfüllende Perilymphe dient nicht nur dieser Ausfüllung, sondern hat zugleich noch eine besondere Funktion. In der Vorderwand des Vorhofs befindet sich nämlich das von dem Steigbügel verschlossene ovale Fenster, und die auf den Steigbügel übertragenen Lufterschütterungen werden also in dem Labyrinth zunächst von dem Vorhofswasser aufgenommen.

Am selbständigsten und eigenartigsten ausgebildet ist die schützende Knochenkapsel bei dem häutigen Schneckenkanälchen. Zwar bildet sie dessen schneckenhausförmige Windungen im ganzen ebenfalls nach, aber die übrigen Hohlräume des Knochengehäuses sind hier mehrfach größer als der häutige Kanal, und namentlich spielen sie eine selbständige und wichtige Rolle für das Zustandekommen des Hörens. Man denke sich ein etwa $2\,^1/_2$ mal um seine Achse (die Schneckenspindel) gewundenes Schneckenhaus, und zwar, der größeren Anschaulichkeit halber, mit der Spitze nach oben gerichtet (Fig. 27; die Schnecke des Ohres liegt mit der Spitze nach außen und vorn). Den wendeltreppenartigen Gang in seinem Inneren denke man sich überall quer halbiert durch eine dünne Knochenlamelle, welche von der Achse der Schnecke gegen die Peripherie hin gerichtet ist, aber die

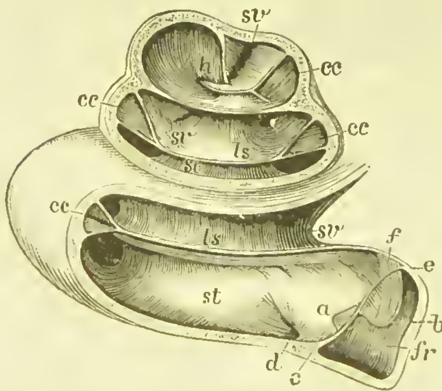


Fig. 27. Linke Schnecke des Menschen, von der Seite eröffnet (nach Schwalbe $^6/_1$). *ls* Knochenlamelle. *cc* häutiger Schneckenkanal. *sv* Vorhofstreppe. *st* Paukentreppe. *h* Kommunikationsöffnung zwischen Vorhofs- und Paukentreppe.

Außenwandungen nicht erreicht, sondern den Hohlraum nur etwa bis zur Mitte durchsetzt (Fig. 27, *l s*). Es verbleibt dann also in dem halb durchgeteilten Wendelgang überall ein schmaler Spalt zwischen jener knöchernen Scheidewand und der Außenwand, der in der menschlichen Schnecke rund etwa $^1/_2$ mm breit ist. Dieser Spalt nun wird überbrückt und verschlossen durch das ihm aufgelagerte häutige

Schneckenkanälchen. Durch seine Befestigungsweise erhält dieses eine eigentümliche Gestalt. Es ist nämlich einerseits mit einem relativ schmalen Saum an dem oberen und äußeren Rande der horizontalen Knochenlamelle angeheftet; andererseits ist es mit einer größeren Fläche der vertikalen Außenwand des knöchernen Schneckenkanals angewachsen. Hierdurch erhält es etwa die Form eines dreiseitigen Prismas und erscheint auf Querschnitten als ein Dreieck, dessen Spitze nach der Achse und dessen Basis nach der Peripherie der Knochenschnecke gerichtet ist (*c c* der Fig. 27). Die beiden Seiten des Dreiecks werden von zwei Membranen gebildet, welche eben den mehrerwähnten Spalt überspannen.

Auf diese Weise wird demnach der hohle Wendelgang der knöchernen Schnecke durchweg in drei parallel gewundene und sämtlich mit wässeriger Flüssigkeit gefüllte Teilkanäle zerlegt. Den mittelsten und feinsten bildet das häutige Schneckenkanälchen, welches einerseits mit dem runden Säckchen des Vorhofs kommuniziert und andererseits völlig geschlossen ist. Ein größerer Teilkanal liegt ihm zur Seite oberhalb der knöchernen Scheidewand; dieser kommuniziert mit dem Vorhof und mit der Perilymphe hinter dem ovalen Fenster; er heißt daher *Vorhofstreppe* (Fig. 27, *s v*). Der ungefähr ebenso geräumige dritte Kanal endlich liegt unterhalb der Knochenlamelle und der häutigen Schnecke. Er ist durch diese beiden von dem Vorhof völlig abgetrennt, stößt dagegen mit seinem unteren Ende auf das zweite der oben erwähnten Fenster in der Wand des knöchernen Labyrinths, das sog. *runde* Fenster, das frei nach der Paukenhöhle zu sieht. Da das Fenster mit einer elastischen Membran überkleidet ist, so steht der untere Schneckenkanal in einer gewissen direkten Beziehung zu der Luft der Paukenhöhle; er wird daher *Paukentreppe* (Fig. 27, *s t*) genannt. Vorhofstreppe und Paukentreppe kommunizieren miteinander durch eine enge Öffnung an der Spitze der Schnecke (Fig. 27, *h*), sind aber in ihrem ganzen übrigen Verlauf durch Knochenlamelle und häutige Schnecke völlig voneinander geschieden.

Der Sinn dieser Einrichtungen wird verständlich, wenn man überlegt, was aus den der Perilymphe des Vorhofs zugeführten Stößen des Steigbügels weiter werden kann. Da Wasser so gut wie inkompressibel ist und da die Knochenwände des Labyrinths im Vorhof und den Bogengängen nirgendwo nachgiebige Stellen haben (abgesehen von nicht in Betracht kommenden Ausnahmen, wie durchtretenden Gefäßen u. a.), so werden jene Stöße auch in dem Vorhof und den Bogengängen keine nennenswerten Bewegungen hervorbringen können. Die einzige Stelle, wo ein Ausweichen möglich ist, befindet sich in der

Schnecke; es ist eben die Membran des runden Fensters am unteren Ende der Paukentreppe, und in der Richtung auf dieses kann also allein eine weitere Fortpflanzung der Steigbügelbewegungen stattfinden. Dabei besteht an und für sich eine zwiefache Möglichkeit. Der Druck des Steigbügels auf das Vorhofswasser kann die mit diesem kommunizierende Wassersäule der Vorhofstreppe entweder in ihrer Längsrichtung verschieben, sodaß also an der Spitze der Schnecke etwas Perilymphe aus der Vorhofstreppe auf die Paukentreppe hinübertritt und beim Aufhören des Drucks wieder zurücktritt. Oder jene spiralig gewundene Wassersäule kann dem Druck senkrecht zu ihrer Längsrichtung nachgeben, indem sie die membranösen Wände des häutigen Schneckenkanals in ihrer ganzen Länge oder auf einzelnen Strecken gegen die Paukentreppe hin ausbuchtet. Für die Membran des runden Fensters ist die Wirkung beidemal im wesentlichen dieselbe. Durch sie werden die Steigbügelstöße, soweit sie nicht inzwischen zur Erzeugung anderer Bewegungen verbraucht sind, schließlich unter allen Umständen aufgefangen und an die Luft der Paukenhöhle zurückgegeben, von deren Knöchelchen sie herkommen; die runde Membran und der Steigbügel oszillieren also immer in entgegengesetztem Sinne. Aber der Übertragung der Bewegung von der einen zur anderen Stelle setzen sich auf dem eben zuerst genannten Wege, durch die Kommunikationsöffnung an der Schneckenspitze, unvergleichlich größere Widerstände entgegen als auf dem zweiten; praktisch dürfte jener namentlich bei schnellen Erschütterungen kaum in Betracht kommen. Die Fortpflanzung der Bewegung geschieht dann also allein quer durch die häutige Schnecke hindurch, und in der Herbeiführung dieses Resultats liegt nun eben der Zweck des ganzen Baues: er dient dazu, die Lufterschütterungen auf einer zwar schmalen, aber mehrere cm langen Fläche senkrecht zu deren Längsrichtung zur Wirkung zu bringen und dadurch dann zugleich eine Reizung der Nervenendigungen herbeizuführen.

Von den beiden zwischen Vorhofs- und Paukentreppe ausgespannten Wandungen der häutigen Schnecke hat die oberste (*Reißnersche Membran*) augenscheinlich bloß die Bedeutung einer abschließenden Hülle. Viel mannigfaltigere und wichtigere Funktionen dagegen kommen der unteren Wand zu, die zugleich den Abschluß gegen die Paukentreppe bildet. Sie ist zur Hälfte noch der trennenden Knochenlamelle des Schneckenhauses aufgelagert; zur anderen Hälfte überbrückt sie frei den zwischen der Lamelle und der Außenwand bestehenden Spalt und wird in diesem zweiten Teil *Basilarmembran* genannt. Was die Basilarmembran charakterisiert, sind zunächst zwei Struktureigentümlichkeiten. Obwohl sie im ganzen ein konti-

nuierlich zusammenhängendes feines Häutchen bildet, enthält sie zugleich in ihrem Inneren eine Schicht feinster elastischer Fasern, die von der Knochenlamelle zur Außenwand der Schnecke, also radiär über den Spalt weg, ausgespannt sind und nicht miteinander verbunden erscheinen. Namentlich in ihrem peripheren Verlauf, wo sie wegen der Spiralwindung der Membran etwas divergieren, läßt sich ihre völlige Unabhängigkeit voneinander feststellen. Der Durchmesser der Fasern ist sehr gering (rund $^1/_{500}$ mm), und da sie dicht gedrängt nebeneinander liegen, wird ihre Anzahl für die ganze Länge der Basilarmembran auf 15—20000 veranschlagt. Außerdem ist die Breite der Basilarmembran in den verschiedenen Windungen der Schnecke nicht konstant, sondern nimmt von unten nach oben allmählich zu. Die genaue Größe der Zunahme ist noch fraglich. Nach der weitestgehenden Angabe ist die Membran an der Schneckenspitze zwölfmal so breit wie an der Basis, nach der wenigst weitgehenden nur etwa dreimal so breit. Jedenfalls wächst in ungefähr demselben Verhältnis wie die Breite der ganzen Membran auch die Länge ihrer radiären Fasern von unten nach oben. Von Bedeutung sind diese Eigentümlichkeiten für die Übertragung der Erschütterungen des Vorhofswassers auf die Paukentreppe und das runde Fenster. Wegen der radiären Faserung der Basilarmembran werden einzelne ihrer Teile relativ unabhängig von den anderen den Erschütterungen nachgeben können. Und wegen der verschiedenen Länge jener Fasern werden bei Erschütterungen einer bestimmten Schnelligkeit immer einzelne Fasergebiete besonders leicht mitschwingen können, weil sie auf die gleiche oder doch beinahe die gleiche Schwingungsperiode abgestimmt sind. Umwandlung der auf das Ohr einwirkenden Lufterschütterungen in Mitbewegungen einzelner Gebiete der Basilarmembran, verschieden je nach der Periode der Erschütterungen, das erscheint somit als der letzte Zweck des gesamten Paukenhöhlen- und Schneckenapparates.

Auf der Basilarmembran befinden sich nun die Endigungen des Gehörsnerven. Die bis dahin rein mechanischen Bewegungen werden hier, noch unter Einschaltung einiger Zwischenglieder (des *Cortischen Organs*), zur Erregung der Nervenfasern verwandt. Wir betrachten indes diese Beziehungen zu dem nervösen Apparat wieder allgemein, für das ganze Ohr.

Die beschriebene Übertragung der objektiven Schallschwingungen auf die Schnecke und ihren nervösen Apparat ist sozusagen der reguläre Vorgang, d. h. derjenige Vorgang, auf dessen Verwirklichung der ganze Leitungsapparat sichtlich angelegt ist. Aber das Reguläre ist hier wie anderswo nicht das einzige im Organismus: erstens besteht neben der dargestellten Übertragung jederzeit

noch eine andere, deren Beachtung bisweilen von Bedeutung ist, *die Knochenleitung*, und zweitens erleidet sie unter gewissen Umständen vielleicht eine Änderung.

Wie die Töne eines Klaviers noch durch eine gemauerte Wand ins Nachbarhaus dringen, so werden die Schallschwingungen auch durch die Kopfknochen dem inneren Ohre zugeführt. Bei unmittelbarer Berührung ist diese Leitung eine sehr gute; wenn man den Stil einer schwingenden Stimmgabel auf die Stirn oder an die Zähne setzt, so klingt sie beträchtlich lauter, als wenn man sie in derselben Haltung etwas vom Kopfe entfernt. Immerhin ist die Luftleitung unter normalen Verhältnissen die überlegenere. Läßt man z. B. eine Stimmgabel auf dem Warzenfortsatz hinter dem Ohr erst abklingen und hält sie dann dicht vor die Ohröffnung, so hört man sie wieder eine Weile (*Rinnescher Versuch*). Die Übertragung der Knochenschwingungen auf das Labyrinth findet vielleicht zum Teil direkt statt, zum Teil aber geschieht sie auch durch die gewöhnliche Vermittelung des Trommelfells und der Gehörknöchelchen, denn man hat diese bei Zuleitung des Tons vom Knochen aus direkt in Schwingungen geraten sehen. Natürlich kann man eine gewisse Mitbeteiligung der Kopfknochen auch bei dem gewöhnlichen Hören durch die Luft nicht ganz ausschließen, und dadurch wird begreiflicherweise eine vollkommen isolierte Funktionsprüfung eines einzelnen Ohres sehr erschwert.

Eine Abänderung der gewöhnlichen Schwingungsübertragung findet vermutlich bei den hohen und höchsten Tönen statt. Es ist fraglich, ob Hammer und Amboß sehr schnellen Bewegungen, z. B. mehreren tausend Schwingungen in der Sekunde, noch als getrennte Glieder zu folgen imstande sind. Sie funktionieren dann vielmehr wohl ähnlich, wie wenn ein festes Knochenstäbchen vom Trommelfell zu dem ovalen Fenster des Labyrinths hinüberleitete. In der Tat findet man bei pathologischer Fixation oder Verwachsung der Knöchelchen, daß die Hörfähigkeit für die tiefen Töne sehr stark, dagegen für die hohen nur wenig herabgesetzt ist.

4. Die Nervenendigungen des Labyrinths.[1] Das Labyrinth wird, wie schon erwähnt, von zwei verschiedenen Nerven versorgt. Die Ursprungszellen des einen liegen direkt in der Schnecke, in einer Höhlung der Schneckenspindel, ungefähr da, wo die vielgenannte Knochenlamelle von ihr abgeht. Sie bilden in ihrer Gesamtheit ein die Lamelle begleitendes spiraliges Band und werden daher als *Ganglion spirale* bezeichnet; der ganze Nerv heißt *Schneckennerv* (*N. cochlearis*). Die Ursprungszellen des anderen Nerven befinden sich etwas außerhalb des Labyrinths, zwischen ihm und dem Gehirn. Da sie u. a. Beziehungen zu dem Vorhof haben, werden sie zusammen als *Ganglion vestibulare* bezeichnet und der aus ihnen entspringende Nerv als *Vestibularnerv*.

Ihrer Funktion nach sind beide Ganglien gleichwertig einem Spinalganglion oder auch den bipolaren Ganglienzellen der Retina. Die ihnen angehörigen Zellen sind gleichfalls durchweg bipolar. Den

[1] Retzius, Biolog. Unters. N. F. Bd. 3 S. 29, 5 S. 35, 6 S. 52; 1892—1895. v. Lenhossék, Beiträge zur Histologie des Nervensystems usw. S. 1; 1894.

einen Fortsatz strecken sie weiter vor an die Peripherie, bis zu den Einwirkungsstellen der äußeren Reize; der andere zieht in entgegengesetzter Richtung, in die subkortikalen Centren. Da beim Eintritt in diese die Fasern beider Nerven dicht zusammenliegen, betrachtet man sie gewöhnlich noch als einem Nerven angehörig, dem *Acusticus*, den man als achten Hirnnerven zählt. Wie indes die peripheren Ursprungsstätten, so sind auch die zentralen Endigungen des Schnecken- und Vestibularnerven (ihre primären Zentren) räumlich voneinander getrennt. Sie liegen zwar in derselben Gegend des Gehirns, nämlich in dem Übergangsgebiet zwischen dem verlängerten Mark und der Brücke, aber in gesonderten Anhäufungen grauer Substanz.

Die peripheren Fortsätze der Ganglienzellen des Vestibularnerven dringen an fünf Stellen in das Innere des häutigen Labyrinths (Fig. 26 *n*) und endigen hier, nämlich in den beiden Säckchen des Vorhofs und den drei Ampullen der Bogengänge. Die Art, wie dies geschieht, ist überall annähernd dieselbe. Da, wo die einzelnen Nervenzweige von der Labyrinthwand aufgenommen werden, hat diese eine Verdickung, die in den Ampullen als *crista*, in den Säckchen als *macula acustica* bezeichnet wird. Sämtliche verdickte Stellen nun sind mit zwei Arten von langgestreckten und palissadenartig nebeneinander stehenden Zellen besetzt. Die einen haben etwa flaschenförmige Gestalt; sie sitzen der Unterlage breit auf und sind nach außen hin stark verjüngt. Ihre Funktion scheint wesentlich nur darin zu bestehen, dem übrigen einen gewissen Halt zu geben; man hat sie daher *Stützzellen* genannt. Die anderen Zellen sind mehr zylindrisch geformt; sie reichen nicht ganz bis auf den Boden herunter, dem die Stützzellen aufsitzen, und sind nach außen mit feinen, in die Endolymphe hineinragenden Haaren besetzt, von denen sie *Haarzellen* heißen. Zu diesen Haarzellen begeben sich die Nervenfasern. An der Basis der Zellen lösen sie sich in ihre Endbäumchen auf; die einzelnen Verästelungen breiten sich horizontal mehr oder weniger weit aus und schmiegen sich den Haarzellen unten und seitlich innig an, ohne indes mit ihnen zu verwachsen. Alles dies, wie gesagt, wesentlich übereinstimmend für Säckchen und Ampullen.

Ein erwähnenswerter Unterschied zwischen beiden besteht nur darin, daß dicht über den Haarzellen der Säckchen in der Endolymphe eine schleimige Substanz suspendiert ist, die einen Brei von äußerst feinen, scharfkantigen Kalkkristallen enthält (*Otolithen, Gehörsteinchen*). Da diese Einrichtung sich an dieser Stelle bei allen Tieren findet, muß ihr eine für die Funktion des Organs wesentliche Bedeutung zukommen. Augenscheinlich dient sie dazu, die Einwirkung von Bewegungen der Endolymphe auf die Haarzellen zu verstärken, indem die

Otolithen an den Haaren hin- und hergespült werden. In den Ampullen sind die Haare wesentlich länger (einige Zehntel mm, in den Säckchen nur einige Hundertstel mm); sie werden daher hier von Bewegungen der Flüssigkeit viel leichter mitergriffen.

In den allgemeinen Grundzügen ähnlich, nur im einzelnen etwas verwickelter ist der Apparat gebaut, in dem die peripheren Fortsätze des Schneckennerven endigen, das Cortische Organ der Basilarmembran (Fig. 28). Auch hier sind wesentlich Stützzellen und Haarzellen zu unterscheiden. Jene ersten indes haben verschiedene Formen. Ein Teil von ihnen besteht aus relativ fester Substanz, erinnert auch

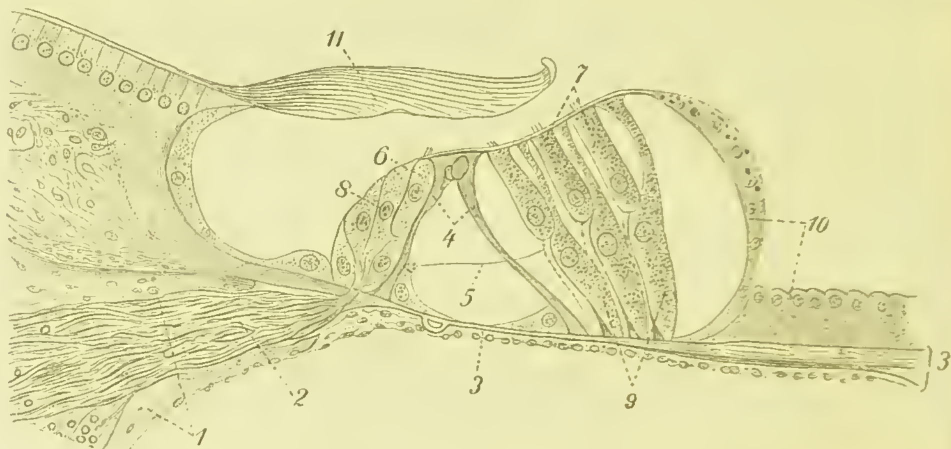


Fig. 28. Radiärschnitt durch das Cortische Organ des Meerschweinchens. (Nach Schwalbe. $^{320}/_{1}$.)

1 Knochenlamelle (in zwei Blättern). *2* Nervenfasern. *3* Basilarmembran. *4* Cortische Pfeiler. 5 Nervenfasern zu den äußeren Haarzellen. *6* innere, *7* äußere Haarzellen. *8* innere, *9* äußere Stützzellen (Deiterssche Zellen). *10* Hensensche und Claudiussche Zellen. *11* Cortische Membran.

durch seine Gestalt (in der Mitte eingezogen und an beiden Enden verbreitert) an festere Gebilde, die zum Tragen bestimmt sind (Fig. 28, *4*). Diese Zellen, *Cortische Pfeiler* genannt, sind schräg gegeneinander gestellt und an den oberen Enden miteinander verbunden; sie überwölben so die ganze Länge der Basilarmembran entlang eine Art Tunnel von dreieckigem Querschnitt. Die übrigen, weniger festen Stützzellen (*8* u. *9* der Fig.) sowie, regelmäßig abwechselnd mit ihnen, die Haarzellen (*6* u. 7) sind von beiden Seiten gegen die Außenwände dieses Tunnels gelehnt; eine Reihe Haarzellen nach innen, nach der Schneckenspindel zu, drei bis vier nach außen, nach der Peripherie der Schnecke. Dicht über dieser Zellenmasse und annähernd parallel der Basilarmembran, der das Ganze aufsitzt, ist eine weiche und ziemlich dicke Haut ausgespannt, die *Cortische Membran* (Fig. 28, *11*). Sie ist an ihrem inneren, der Schneckenspindel zugekehrten Rande befestigt und

wird vielleicht durch eine gewisse Elastizität in ihrer Lage erhalten, möglicherweise auch noch durch eine leichte Anheftung des peripheren Randes. Ihrer Funktion nach scheint sie eine ähnliche Rolle zu spielen wie die Otolithen der Vorhofsäckchen. Bei Erschütterungen der Basilarmembran werden die feinen Härchen der Haarzellen vermutlich gegen die Cortische Membran gestoßen und dadurch dann Erregungen der betreffenden Zellen hervorgebracht. Zu den Haarzellen begeben sich nun, ganz wie in den Säckchen und Ampullen, die peripheren Ausläufer der Nervenfasern. Von den Zellen des Ganglion spirale ausgehend dringen sie durch einen Spaltraum der Knochenlamelle auf die Basilarmembran, verlieren beim Austritt auf diese ihre Markscheiden und steigen dann, nach mannigfachen Verästelungen und Verflechtungen, zwischen den inneren sowohl wie den äußeren Haarzellen bis durchschnittlich zur halben Höhe empor, um an ihrer Oberfläche, jedoch ohne direkte Verwachsung, zu endigen. Diese Haarzellen entsprechen somit gewissermaßen den Stäbchen- und Zapfenzellen der Retina. Sie bilden ein Zwischenglied zwischen den äußeren Reizen und den nervösen Elementen, in dem vermutlich erst eine Art Zurichtung des objektiven Vorganges stattfindet.

§ 24. Die Gehörsempfindungen.

1. Allgemeine Charakterisierung.[1] Wie jedermann geläufig ist, sind hier zunächst zwei Klassen zu unterscheiden: Töne und Geräusche. Worin der Unterschied zwischen beiden besteht, läßt sich freilich mit Worten kaum angeben. Metaphorisch könnte man sagen, daß die Töne etwas innerlich Klares und Ruhiges haben, selbst wenn sie wechseln oder sich verändern, die Geräusche dagegen etwas innerlich Unklares, Rauhes und Unruhiges, selbst wenn sie gleichförmig andauern. Man braucht sich nur an den Ton einer frei ausklingenden Stimmgabel einerseits und an das Geräusch zischenden Dampfes oder schlürfender Tritte andererseits zu erinnern, um zu verstehen, was gemeint ist. Im gewöhnlichen Leben kommen beide Arten von Empfindungen ganz überwiegend nicht getrennt vor, sondern in den mannigfachsten Verhältnissen miteinander gemischt. Die Töne der musikalischen Instrumente sind begleitet von mehr oder weniger starken Reibe- oder Blasegeräuschen, während in dem Heulen des Windes, dem Summen von Insekten, dem Plätschern eines Baches deutliche Töne zu vernehmen sind. Aber wie die zuerst erwähnten

[1] Ich folge hier mehrfach Stumpf, Tonpsychologie I §§ 10 und 11, II § 28.

Beispiele zeigen, ist jede Art unter Umständen doch auch gesondert verwirklicht; außerdem sind Toncharakter und Geräuschcharakter auch da, wo sie tatsächlich nur miteinander verbunden auftreten, doch allemal unabhängig voneinander veränderlich, und darin liegt eben die Notwendigkeit, beides auseinander zu halten.

An den Tönen für sich betrachtet lassen sich nun weiter drei Eigentümlichkeiten unterscheiden: ihre *Stärke, Höhe* und *Klangfarbe.* Das eigentlich charakteristische Merkmal hiervon ist das zweite, Höhe und Tiefe der Töne. Diese Namen sind räumliche Metaphern, aber sie würden natürlich nicht so umfassende Geltung erlangt haben, wie gegenwärtig der Fall ist, wenn nicht ihr eigentlicher Sinn zu dem, was an den Tönen unmittelbar erlebt wird und selbst nicht räumlicher Natur ist, eine gewisse Beziehung hätte. Was das ist, zeigt sich deutlicher in anderen Metapherpaaren. Bei den Griechen, Franzosen und anderen Völkern werden unsere tiefen Töne als schwere, die hohen als spitze oder scharfe bezeichnet. Zweifellos wird damit die unmittelbare Empfindung treffend charakterisiert. Die tiefen Töne haben etwas Massiges, Breites, uns gleichsam rings Umflutendes, die hohen etwas Dünnes, Durchdringendes, unter Umständen geradezu Stechendes. Man vergleiche in Gedanken die Töne einer Baßgeige oder der großen Orgelpfeifen mit denen einer Flöte oder kleinen Signalpfeife. Worauf dieser Eindruck beruhen mag, kann hier dahingestellt bleiben. Jedenfalls kommt er nicht erst durch Assoziationen oder Reflexionen zustande, sondern ist im wesentlichen etwas ursprünglich Empfundenes, wenn er auch später vielleicht durch Erfahrungen (z. B. von den verschiedenen Dimensionen der erzeugenden Instrumente) unterstützt werden mag. Eine andere Bezeichnungsweise, die man im gewöhnlichen Leben gelegentlich hört, ist dunkel oder dumpf für die tiefen und hell für die hohen Töne. Auch sie ist vollkommen zutreffend, wie man, abgesehen von dem eigenen Urteil, daran erkennt, daß Kinder, die von hoch und tief noch gar nichts wissen, sie ohne weiteres richtig verstehen. Nun ist das Schwere und Ausgedehnte ebenso wie das Dunkle in der Welt in der Regel unten und in der Tiefe, das Dünne und Spitze sowie das Helle in der Regel oben und in der Höhe. Indem die Sprache also eine gewisse Verschiedenheit der Töne als Höhe und Tiefe bezeichnet, erinnert sie in nicht übler Weise gleichzeitig an jene beiden Paare gegensätzlicher Eindrücke, die eben das Empfinden dieser Verschiedenheit charakterisieren. Und so hat mithin jene räumliche Metapher „mehrfache starke Wurzeln, aus denen sie nicht zufällig dann und wann in einem poetischen Individuum, sondern beständig und überall, genährt durch die Ähnlichkeiten alltäglicher Sinneseindrücke hervorwächst.“ (Stumpf.)

Man darf das Gesagte freilich nicht so mißverstehen, als ob die Eigentümlichkeit der Töne, von der hier die Rede ist, an und für sich eine mehrfache wäre, als ob also verschiedene Höhe, verschiedene Ausdehnung und verschiedene Helligkeit der Töne mehrere Merkmale darstellten, die etwa einander parallel liefen. Sondern die Verschiedenheit, die wir bei dem Anhören verschieden hoher (und sonst gleicher) Töne wirklich erleben, ist nur eine einzige und einfache. Wenn wir uns aber nicht daran genügen lassen, diesen Unterschied bloß zu erleben, oder auch mit Worten, die nur für ihn geprägt sind, zu bezeichnen, wenn wir ihn vielmehr mit anderen Empfindungserlebnissen vergleichen und mit anderswoher genommenen Namen benennen wollen, dann bedürfen wir allerdings wegen der besonderen Eigenart aller dieser Erlebnisse einer Mehrheit von Metaphern.

Anders ausgedrückt heißt das Vorstehende: die Töne bilden hinsichtlich ihrer Höhe eine eindimensionale Mannigfaltigkeit, eine Reihe also, in der jedes Glied in Bezug auf jedes andere durch eine einzige Bestimmung unzweideutig charakterisiert werden kann. Die konkrete Formulierung dieser Bestimmung kann wieder, wie bei den Farben (S. 202), verschieden erfolgen. In allgemeinem Gebrauch sind bekanntlich Angaben von Intervallen, die auf den später zu erörternden Harmonieverhältnissen der Töne beruhen; man könnte auch die Anzahl der eben unterscheidbaren Zwischenstufen zwischen zwei Tönen benutzen u. a. In ihrer inneren Struktur ist die Tonreihe stetig, d. h. man kann von jedem ihrer Glieder zu jedem anderen durch Zwischenglieder gelangen, von denen je zwei unmittelbar aufeinander folgende gar nicht mehr als verschieden erkannt werden können. Durchläuft man die Reihe von einem beliebigen Ausgangspunkte aus in einer bestimmten Richtung, so gelangt man zu Tönen, die jenem Ausgangsgliede an Höhe immer unähnlicher werden, je weiter man fortschreitet. Das Tonkontinuum ist also keine in sich geschlossene Mannigfaltigkeit, etwa wie die Gesamtheit der satten Farben, sondern eine Reihe mit zwei Enden, wie die neutralen Farben.

Dabei mag gleich eine Eigentümlichkeit der ihrer Höhe nach verschiedenen Töne bemerkt werden, die sich auf keinem anderen Sinnesgebiet ähnlich wiederfindet. Wenn man einen beliebigen Ton mit anderen vergleicht, die zunehmend höher oder tiefer sind als er, so kommt man hin und wieder, nicht in allmählicher Annäherung sondern sprungweise, zu Tönen, die trotz der deutlich hervortretenden Unähnlichkeit infolge der Höhenverschiedenheit doch zugleich mit dem Ausgangston auffallend leicht verwechselt werden, viel leichter als der Höhe nach ähnlichere Töne, und zwar sowohl wenn sie zeitlich getrennt von dem Ausgangston wie namentlich wenn sie

gleichzeitig mit ihm erklingen. Am meisten ist dies der Fall bei der oberen und unteren *Oktave* eines Tones; in geringerem aber doch noch wohl konstatierbarem Grade bei Doppeloktaven, Quinten, Duodezimen. Bekanntlich werden selbst von geübten Musikern bisweilen Töne miteinander verwechselt, die tatsächlich um eine oder gar zwei Oktaven differieren, während Verwechselungen um viel geringere Höhenverschiedenheiten nicht vorkommen. Und zwar geschieht das nicht nur, wenn die Höhe eines gegebenen Tones aus der bloßen Erinnerung an andere angegeben wird, sondern auch dann noch, wenn beide Töne in sinnlicher Empfindung vorliegen, z. B. wenn ein mit dem Munde gepfiffener Ton auf dem Klavier oder der Geige bestimmt werden soll. Bei Unmusikalischen kommen ähnliche Verwechselungen auch mit Quinten vor. Ganz ebenso wie gesagt, wenn zwei Töne zusammen erklingen. Es ist hier wiederum besonders schwer, Oktaven, Quinten, Doppeloktaven usw. auseinanderzuhalten und als zwei zu unterscheiden, viel schwerer als etwa Terzen oder Sekunden, die doch hinsichtlich der Tonhöhe einander viel ähnlicher sind. Weiteres über diese Eigentümlichkeit der Töne wird noch folgen (S. 318).

Unter der Klangfarbe von Tönen versteht man das, was sie bei gleicher Höhe und Stärke für die bloße sinnliche Empfindung noch unterscheidet, wenn sie von verschiedenen Instrumenten oder verschiedenen Stimmen hervorgebracht werden. Dabei ist es allerdings zweckmäßig, noch einen weiteren und einen engeren Sinn des Wortes auseinanderzuhalten. Zu den Verschiedenheiten der Instrumente gehört manches, was im Hinblick auf den eigentlichen Ton als nebensächlich und zufällig bezeichnet werden kann. Z. B. Nebengeräusche, die durch die Erzeugungsart des Tones veranlaßt werden. Geigentöne sind von einem Reiben und Kratzen, Pfeifen- und Trompetentöne von einem Sausen und Blasen begleitet. Oder Eigentümlichkeiten in dem zeitlichen Verlauf des Tones. Bei den geschlagenen Instrumenten (Klavier, Schellenbaum) setzt der Ton relativ kräftig ein, um sogleich an Stärke abzunehmen und bald zu verklingen, bei Streich- und Blasinstrumenten kann er in ziemlich gleicher Stärke angehalten, bei der Orgel in seiner Stärke überhaupt nicht verändert werden, bei der Zither pflegt man ihn tremolieren zu lassen usw. Alles das ist natürlich für das Erkennen und Unterscheiden der verschiedenen Instrumente von großer Wichtigkeit. Aber man kann doch auch davon absehen (oder z. B. die begleitenden Geräusche durch größere Entfernung von der Tonquelle unhörbar machen), und was dann noch bleibt an Verschiedenheiten, den Geigenton auch dann noch von dem Trompetenton oder den Tönen der menschlichen Stimme unterscheidet.

das ist die Klangfarbe im engeren Sinne, von Helmholtz auch als *musikalische* Klangfarbe bezeichnet. Eine systematische Übersicht über die hier vorhandenen Mannigfaltigkeiten ist unmöglich. Die Töne jedes Instrumentes oder doch jeder Klasse gleichartiger Instrumente bilden sozusagen eine kleine Welt für sich, und solcher kleiner Welten kennen wir, ohne verbindende Zwischenglieder und ohne die Möglichkeit einer bestimmten Anordnung, eine große Anzahl nebeneinander. Was diese Klangfarben in neuerer Zeit besonders interessant gemacht hat, ist die Art ihrer Verursachung durch die äußeren Reize, die weiterhin zur Sprache kommen wird. Das unmittelbar Empfundene an ihnen können wir fast nur durch Metaphern bezeichnen. Die Töne von Stimmgabeln und Flöten haben einen weichen und milden Klang, im Gegensatz dazu die Töne von Zungeninstrumenten einen scharfen, die von Trompeten einen schmetternden Klang. Ein altes abgespieltes Klavier klingt leer und dünn, ein neuer guter Flügel voll und reich, die Klarinette näselnd und hohl usw.

Auch an den Geräuschen empfinden wir Unterschiede der Stärke und Höhe. Das erste bedarf keiner Worte; die Höhe dagegen tritt bei den Geräuschen nicht so deutlich und bestimmt hervor wie bei den Tönen. Indes man wird bei näherer Prüfung doch immer sagen können, daß einem Geräusch eine gewisse Höhenlage zukomme, wenn sie auch nicht ganz scharf fixierbar ist. Ein Pistolenschuß klingt beträchtlich höher als ein Kanonenschuß, das Rasseln eines Säbels auf dem Pflaster höher als das eines Frachtwagens, ebenso das Krachen des in großer Nähe einsetzenden Donners höher als das Rollen und Grollen des aus der Ferne zugetragenen. Man könnte ja freilich diese Verschiedenheiten in allen Fällen auch auf beigemischte Töne zurückführen, allein solange man nicht angeben kann, wie denn nun ein Geräusch ohne Töne und also auch ohne jede Höhe und Tiefe wohl klingen würde, erscheint das gewaltsam.

Die außerdem noch vorhandenen großen Verschiedenheiten der Geräusche nach ihrer Entstehungsweise lassen sich sämtlich auf zwei Hauptarten zurückführen, auf zwei Elementargeräusche, die einen gewissen Gegensatz zueinander bilden. Das eine ist das Momentangeräusch, das isoliert als Knall, Schlag oder bei größerer Höhenlage als Knips bekannt ist. Das andere ist das Dauergeräusch, die anhaltende, aber ohne die innere Klarheit des Tones anhaltende Gehörsempfindung, die wir je nach Höhe und Stärke als Brausen, Rauschen, Sausen, Zischen, Reiben, Wehen bezeichnen. Eine große Masse von Geräuschen des täglichen Lebens besteht aus Reihen von mehr oder minder starken, mehr oder minder hohen und mehr oder minder schnell

aufeinander folgenden kleinen Knallen, so das Donnern, Knattern, Rasseln, Knarren, Klirren, Knistern, Gurgeln, Plätschern u. s. f. Andere sind Mischungen von mehr oder weniger deutlichen Knallen und Schlägen mit Dauergeräuschen, wie das Kratzen und Schwirren, das Zischen siedenden Fettes, der Lärm der Großstadt u. a.

Daß weitere Komplikationen durch das Hinzutreten von deutlich wahrnehmbaren Tönen entstehen, wurde schon gleich zu Eingang erwähnt. Die menschliche Sprache z. B. ist rein akustisch eine sehr komplizierte Mischung von mannigfachen Geräuschen, den Konsonanten, mit Tönen von verschiedener Klangfarbe, den Vokalen.

2. Pathologisches. Eine der Farbenblindheit analoge Anomalie fehlt auf dem Gebiete der Gehörsempfindungen. Unter den hier vorkommenden Störungen aber ist eine Gruppe von ähnlicher theoretischer Wichtigkeit wie jene. Das sind Fälle, in denen ohne gleichzeitige Erkrankung des Schallleitungsapparates die Empfindungsfähigkeit für mehr oder weniger große Stücke der Tonreihe aufgehoben oder stark herabgesetzt ist. Die Aufmerksamkeit ist besonders neuerdings durch F. Bezold auf sie gelenkt worden, der eine größere Anzahl Taubstummer mit kontinuierlich aneinander schließenden Stimmgabel- und Pfeifentönen durch die ganze Tonskala hindurch untersucht hat.[1] Am häufigsten besteht die Störung in einem Hördefekt am unteren oder auch am oberen Ende der Skala, der bis zu mehreren Oktaven umfassen kann. Die normale Gehörsbreite ist also von einer Seite oder auch von beiden Seiten her mehr oder weniger eingeschränkt, während die Hörfähigkeit für die übrig gebliebenen Töne mittlerer Höhe, wenn auch in der Regel vermindert, doch noch ziemlich gut erhalten sein kann. Unter Umständen geht eine solche Einschränkung so weit, daß nur noch ein kleines Stück, eine *Insel*, erhaltener Hörfähigkeit irgendwo in den mittleren Oktaven übrig bleibt, im Umfange von ein Paar Oktaven bis herunter zu nur zwei halben Tönen. Ungefähr ebenso häufig ist dagegen die Kontinuität des erhaltenen Tonbereichs an einer oder an zwei Stellen durch *Lücken* unterbrochen, die ebenfalls bisweilen nur einen ganz geringen Umfang, z. B. von einer einzigen halben Tonstufe, haben können. Die Abgrenzung des ausfallenden gegen das erhaltene Tongebiet ist häufig eine sehr scharfe. Ein bestimmter Ton wird selbst bei mäßiger Stärke noch deutlich gehört, der um eine halbe Tonstufe höhere oder tiefere Nachbarton dagegen auch bei großer Stärke nicht mehr.

[1] F. Bezold, Das Hörvermögen der Taubstummen, mit besonderer Berücksichtigung der Helmholtzschen Theorie usw. 1896.

Offenbar weisen diese eigentümlichen Erscheinungen darauf hin, daß die Vermittelung der Empfindungen verschieden hoher Stimmgabeltöne jenseits des Schallleitungsapparates durch räumlich gesonderte Elemente geschieht, und daß nun unter Umständen pathologische Prozesse verschiedene Bezirke dieser Elemente gesondert schädigen.

§ 25. Abhängigkeit von den äußeren Reizen.

1. Allgemeines.[1] Die objektiven Ursachen der Gehörsempfindungen sind bekanntlich Schwingungen äußerer Körper, die dem Ohr in der Regel durch die Luft zugeführt werden. Ob durch sie Töne oder Geräusche entstehen, beruht nach der gewöhnlichen Auffassung darauf, daß die objektiven Schwingungen bei den Tönen periodisch, bei den Geräuschen unperiodisch seien. Indes hat sich die Sache bei näherem Zusehen doch als etwas weniger einfach herausgestellt. Wie Stumpf richtig bemerkt, können einerseits unperiodische Schwingungen ganz wohl reine Toneindrücke hervorrufen, nämlich bei stetigen Höhenänderungen eines Tones. Und andererseits können kompliziert-periodische Schwingungen unzweifelhafte Geräusche erzeugen, wie z. B. bei dem gleichzeitigen Anschlag mehrerer benachbarter Tasten eines Klaviers oder auch bei dem Zusammenklingen zahlreicher beliebiger Töne, die nicht in harmonischen Verhältnissen zueinander stehen. Man hört dann zwar wohl, daß man es mit einer Vielheit von Tönen zu tun hat, aber je mehr ihrer sind, und je weniger man die einzelnen unterscheiden kann, desto mehr hat der Eindruck zugleich auch etwas Geräuschartiges an sich. Man kann also zwar im allgemeinen dabei bleiben, daß periodische Schwingungen Töne erzeugen, muß dann aber hinzufügen, daß bei relativ langsamen Änderungen der Periodizität der Toncharakter noch erhalten bleibt, daß er dagegen bei einer starken Häufung von Schwingungen, deren Perioden einander nahe liegen oder keine einfachen numerischen Beziehungen zueinander haben, eine Beeinträchtigung erleidet und mehr und mehr dem Geräuschcharakter Platz macht. Möglicherweise beruht das reine Dauergeräusch, also ein Zischen, Reiben oder Sausen, in dem gar kein Knistern gehört wird, lediglich auf dem Vorhandensein einer sehr großen Zahl von Schwingungen, deren Perioden sich alle etwas, aber alle nur verhältnismäßig wenig voneinander unterscheiden.

[1] A. Barth, Zur Lehre von den Tönen und Geräuschen. Zeitschr. für Ohrenheilkunde 17 S. 81; 1887. M. Meyer, Zur Theorie der Geräuschempfindungen. Zeitschr. f. Psychol. 31 S. 233; 1903.

Das Momentangeräusch, der Knall, hat nach manchen Autoren seine Ursache in einer nur einmaligen Erschütterung, in einer einzigen Luftwelle. Es ist jedoch schwerlich möglich, in einem elastischen Medium wie der Luft die durch einen allerdings nur einmaligen Anstoß hervorgerufene Bewegung weiterhin auf eine einzelne Welle zu beschränken. Es wird sich stets ein kleines System von Wellen bilden, geradeso wie stets mehrere Ringe entstehen, wenn man einen Stein ins Wasser wirft. Außerdem wird die eine objektiv erzeugte Welle jederzeit an umgebenden Gegenständen wie auch an dem Körper des Hörenden mannigfach reflektiert und aufgebrochen. Wahrscheinlich beruht daher das Momentangeräusch ganz wie alle anderen Geräusche auf einer Mehrzahl von Luftschwingungen, deren Perioden zu inkommensurabel sind, um eine entschiedene Tonempfindung zu erzeugen, nur mit der Besonderheit, daß die der ersten Erschütterung folgenden Wellen an Stärke rasch abnehmen. Durch das Vorhandensein einer solchen Mehrheit von Schwingungen wird es auch z. B. erst verständlich, daß ein Kanonenschuß oder der Donner aus der Ferne viel dumpfer klingt als in der Nähe. Die in der Nähe stark überwiegenden Wellen kurzer Periode werden bei der Ausbreitung im Raume rascher abgeschwächt als die Wellen großer Periode.

In physikalischer Hinsicht also kommt es für die Verschiedenheit der Töne und Geräusche nicht sowohl auf Periodizität und Aperiodizität als vielmehr auf Dauer und Komplikation der Schwingungen an. Eine scharfe begriffliche Scheidung der beiden Arten von Ursachen aber ist damit nicht mehr möglich. Dieselben äußeren Vorgänge, die bei einer gewissen Dauer und gewissen Beziehungen ihrer Schwingungszahlen zueinander Tonempfindungen vermitteln, liefern bei Änderungen ihrer Dauer und anderen Kombinationen ihrer Schwingungszahlen Geräuschempfindungen. Natürlich wird die psychologische Verschiedenheit der beiden Empfindungsgruppen (die ja freilich wegen der vorhandenen Mischformen auch keine absolute ist) dadurch nicht aufgehoben. Für die Seele ist ein ruhig andauerndes Rauschen nicht ein Durcheinander vieler Töne, sondern etwas Eigenartiges und Andersartiges. Daher ist es auch unzweckmäßig, das physikalisch Gemeinte und jedenfalls nur physikalisch zu Verstehende psychologisch zu formulieren und etwa zu sagen, wie man gelegentlich findet, die Geräusche „beständen" aus Tönen, oder sie ließen sich sämtlich auf Töne „zurückführen". Die objektiv vorhandene Gleichartigkeit der beiderseitigen Ursachen bleibt dem unmittelbaren Bewußtsein in diesem Falle verborgen.

Wir wenden uns nun vorwiegend den Tönen zu und betrachten die Abhängigkeitsbeziehungen zwischen ihnen und den sie verursachen-

den äußeren Bewegungen hinsichtlich der einzelnen Eigentümlichkeiten, die an beiden zu unterscheiden sind. Die Verhältnisse sind hier wesentlich einfacher als bei den Farben, denn jede der drei charakteristischen Eigenschaften der Töne wird ausschließlich durch eine einzige Eigenschaft der zugehörigen Schwingungen bedingt: die Tonstärke durch die Schwingungsamplitude (oder die hierdurch gegebene physikalische *Intensität* der Schwingungen), die Tonhöhe durch die *Schwingungszahl* und die Klangfarbe durch die *Schwingungsform*.

2. Abhängigkeit von der Intensität der Schwingungen[1]. Eine genaue Beantwortung der hier einschlagenden Fragen hat mit großen Schwierigkeiten vornehmlich physikalischer Natur zu kämpfen. Die exakte Messung der zur Einwirkung auf das Ohr gebrachten physikalischen Schallintensitäten ist nämlich bei den meisten schallerzeugenden Apparaten schwierig und viel umstritten. Man kann vor allem noch nicht mit voller Sicherheit sagen, wieviel von der dem Apparat zugeführten oder auch der von ihm abgegebenen Energie in hörbare und wieviel in nicht hörbare Bewegungsformen umgesetzt wird. Ferner weiß man nicht genau, wie die Schallintensität in geschlossenen Räumen mit der Entfernung abnimmt, wie sie bei der Fortleitung in Röhren durch Reibung oder Resonanz verändert wird u. a. So kommt es, daß über die Hauptfragen zwar im allgemeinen Einverständnis herrscht, die Angaben im einzelnen aber noch enorm von einander abweichen.

Im wesentlichen sind für das Hören von Tönen zwei Tatsachen bekannt.

1). Bei gleicher physikalischer Intensität verschiedener Schwingungsvorgänge nimmt die Empfindungsstärke der durch sie hervorgebrachten Töne mit der Höhe bis zu einer bestimmten Grenze sehr beträchtlich zu. Das Durchdringen der Oberstimmen bei vielstimmiger Musik, das hierauf beruht, ist jedermann bekannt. Einen exakteren Beweis für die Tatsache hatte schon Helmholtz geliefert. Wenn er anhaltend gleiche Mengen Luft

[1] M. Wien, Über die Messung der Tonstärke. Diss. Wiedem. Ann. 36 S. 834; 1888. Zwaardemaker und Quix, Schwellenwert u. Tonhöhe. Engelm. Arch. f. Physiol. 1902, Supplbd. S. 367. Dieselben, Über die Empfindlichkeit des menschlichen Ohres für Töne verschiedener Höhe. Ebda 1904. S. 25. M. Wien, Über die Empfindlichkeit des menschlichen Ohres für Töne verschiedener Höhe. Pflügers Arch. 97 S. 1; 1903. Derselbe, Bemerkungen zu der Abhandlung der Herren Zwaardemaker u. Quix usw. Engelm. Arch. 1904. Supplbd. S. 167. Zwaardemaker, Die Empfindlichkeit des Ohres. Zeitschr. f. Psychol. usw. 33 S. 401; 1903.

unter gleichem Druck gegen eine Sirene trieb und diese dann immer schneller rotieren ließ, so gewann der Ton mit zunehmender Höhe zugleich außerordentlich an Stärke, obwohl bei der schnelleren Drehung doch vermutlich mehr Energie durch Reibung verloren ging als bei der langsameren. Neuere und viel vollkommenere Untersuchungen haben dann zu dem gleichen Resultat geführt. Sie haben übereinstimmend ergeben, daß die Gegend größter Empfindlichkeit ein breites Gebiet vom Ende der zweigestrichenen bis in die fünfgestrichene Oktave umfaßt, in runden Zahlen die Töne von etwa 800—5000 Schwingungen. Von besonderer Bedeutung ist, daß die charakteristischen Töne der menschlichen Sprache in dieses Gebiet fallen, so daß also das Verständnis des gesprochenen Wortes bei gleichzeitig einwirkenden Störungen besonders bevorzugt ist. Die Versuche einer genaueren Bestimmung dieser Empfindlichkeitszunahme aber sind einstweilen völlig unvereinbar miteinander. Nach M. Wien braucht die physikalische Intensität eines Tones, der gerade eben noch wahrgenommen werden kann, in der Gegend der größten Empfindlichkeit nur ein Hundertmilliontel von der für die tiefsten Töne erforderlichen Größe zu besitzen, nach Zwaardemaker und Quix muß sie $^1/_{80}$ dieses Wertes betragen.

2). Die absolute Empfindlichkeit des Ohres für Schwingungsintensitäten ist innerhalb jenes Gebietes größter Empfindlichkeit eine geradezu unfaßbar große. Es ist, wenn man hier den Angaben Wiens Glauben schenken kann, in der Fähigkeit der Verwertung schwächster objektiver Bewegungen selbst dem Auge (s. S. 222) weit überlegen. Wien fand die Arbeit, die an dem Trommelfell geschieht, wenn es von 2 Schwingungen eines in größter Stille eben noch wahrnehmbaren intermittierenden Tones von 3200 Schwingungen getroffen wird, etwa gleich der Hebung von $^1/_{200}$ Milliontel Milligramm um ein Milliontel Millimeter ($5 . 10^{-9}$ mg $\mu\mu$). (Zwaardemaker und Quix gelangten auch hier zu einer Zahl ganz anderer Größenordnung, nämlich zu einem rund 10 Millionen mal höheren Schwellenwert.)

Die Unterschiedsempfindlichkeit für Intensitätsverschiedenheiten von Tönen dagegen ist gering. In einer älteren Untersuchung fand M. Wien bei dem Ton a^1 mit ziemlicher Gleichförmigkeit für mittlere Stärkegrade, daß eine Verstärkung der jeweiligen objektiven Intensität um etwa $^1/_8$ noch eben wahrgenommen werden konnte. Bei dem tieferen Tone e^1 (337 Schwingungen) mußte dieser Betrag auf etwa $^1/_6$, bei a (220 Schw.) auf $^1/_5$ erhöht werden. Ähnlich verhält es sich für Geräusche. Als Unterschiedsschwelle hat sich für den Aufschlag fallender Körper verschiedenen Beobachtern etwa $^1/_3$ der jedesmaligen objektiven Intensität ergeben, mit ziemlicher Unabhängigkeit von deren absoluter Größe.

3. Abhängigkeit von der Schwingungszahl[1]. Daß die Tonhöhen mit den Schwingungszahlen zunehmen, und daß dabei die leicht miteinander zu verwechselnden Töne (S. 295) sich durch besonders einfache Verhältnisse der Schwingungszahlen auszeichnen, ist allgemein bekannt. Die Quinte eines Tones hat $1^1/_2$ mal, die obere Oktave 2 mal, die Duodezime 3 mal soviel Schwingungen wie er usw. Im einzelnen sind hier nun weiter folgende drei Fragen möglich: mit welcher geringsten und welcher höchsten Zahl von Schwingungen in der Sekunde sind überhaupt noch Tonempfindungen verbunden? bei welchen Änderungen der Schwingungszahl wird eine Änderung der Tonhöhe bemerklich? wieviele der an sich akustisch wirksamen Schwingungen müssen mindestens aufeinanderfolgen, ehe ein Ton erkannt wird?

Die erste Frage, nach den Grenzen der Tonwahrnehmung, kann im wesentlichen als erledigt betrachtet werden. An der oberen Grenze hatte ihre Beantwortung lange mit der Schwierigkeit zu kämpfen, daß die sehr großen Schwingungszahlen der höchsten hörbaren Töne nicht sicher gezählt werden konnten. Neuerdings erreicht man dies mit großer Genauigkeit, indem man feinsten Korkstaub oder Bärlappsamen durch die schwingenden Luftteilchen in Mitbewegung versetzen läßt und die Länge der entstehenden Wellen abmißt. An der unteren Grenze besteht immer noch die Schwierigkeit, daß man nicht sicher weiß, ob die bei den langsamsten Schwingungen noch hörbaren Töne wirklich unmittelbar durch diese Schwingungen hervorgebracht werden oder vielleicht unbeabsichtigt entstehende Obertöne sind (s. S. 310). Indes auch hier hat man in der Benutzung von Differenz- und anderen Tönen eine Sicherung gegen erhebliche Irrtümer gefunden. Das Ergebnis zahlreicher Untersuchungen ist nun, daß das normale Ohr im jugendlichen Alter und bei genügender Intensität des objektiven Reizes eine Zahl von etwa 20 bis rund 40000 Schwingungen in der Sekunde noch als Ton wahrzunehmen vermag; indes beginnt schon in relativ frühen Jahren eine allmählich fortschreitende Einengung dieser Grenzen. Der Gesamtumfang des Tonreiches beträgt somit nahezu 11 Oktaven. In der musikalischen Praxis kommen diese

[1] K. L. Schaefer, Die Bestimmung der unteren Hörgrenze. Zeitschr. f. Psychol. usw. 21 S. 161; 1899. Schwendt, Experimentelle Bestimmungen der Wellenlänge u. Schwingungszahl höchster hörbarer Töne. Verhdlgn. d. Naturforsch. Ges. Basel 12 (2); Pflügers Arch. 75 S. 346 u. 76 S. 189; 1899. Edelmann, Studien über die Erzeugung sehr hoher Töne vermittelst der Galtonpfeife. Drudes Ann. d. Physik 2 S. 469; 1900. — Luft, Über die Unterschiedsempfindlichkeit für Tonhöhen. Philos. Stud. 4 S. 511; 1888. M. Meyer, Über die Unterschiedsempfindlichkeit für Tonhöhen. Zeitschr. f. Psychol. 16 S. 352; 1898. — Abraham u. Brühl, Wahrnehmung kürzester Töne u. Geräusche. Zeitschr. f. Psychol. 18 S. 177; 1898.

freilich bei weitem nicht alle zur Verwendung: die sieben Oktaven der neueren Klaviere z. B. umfassen nur die Töne von etwa 30 bis zu 3600 Schwingungen.

Die Unterschiedsempfindlichkeit für Änderungen der Schwingungszahl ist für die Töne von etwa 100 bis 1000 Schwingungen (d. h. die 3 bis 4 mittleren Oktaven des Klaviers) als eine sehr feine gefunden worden. Geübte Beobachter vermögen hier unter günstigen Umständen noch Unterschiede von $^1/_4$ Einzelschwingung in der Sekunde wahrzunehmen, wobei sie allerdings bisweilen nicht näher zu bezeichnen imstande sind, welcher der beiden verglichenen Töne der höhere sei. Auf die absolute Zahl der Schwingungen kommt es dabei nicht an; die Unterschiedsschwelle ist innerhalb des genannten Gebietes nahezu konstant. In einer einzigen mittleren Oktave, wie z. B. der eingestrichenen (256—512 Schwingungen), können danach an sich über 1000 der Höhe nach verschiedene Töne unterschieden werden, und selbst unter weniger günstigen Umständen, als man sie experimentell behufs Ermittelung der äußersten Leistungsfähigkeit zu verwirklichen strebt, würde die Zahl noch ziemlich hoch bleiben. Daß die Musik sich gleichwohl mit einer relativ geringen Anzahl von Höhestufen begnügt (bei den Instrumenten mit festen Tönen 12 in der Oktave), hat zum Teil technische Gründe: Unbequemlichkeiten in der Herstellung und in der Handhabung allzu tonreicher Instrumente, Schwierigkeiten beim Singen. Hauptsächlich aber beruht es darauf, daß die Fixierung unserer musikalischen Tonsysteme in erster Linie durch die Harmonieverhältnisse der Töne bedingt ist, und daß diese auf keine sehr große Zahl hinführen. Nach den Grenzen des Tonreiches zu nimmt die Empfindlichkeit für Höhenunterschiede allmählich ab und wird schließlich, namentlich in der Nähe der oberen Grenze, sehr gering. In den höchsten Regionen vermag man Töne, die sich um Hunderte und selbst Tausende von ganzen Schwingungen voneinander unterscheiden, nicht mehr als verschieden zu erkennen.

Die vorhin zuletzt erwähnte Frage, wieviele Schwingungen einer bestimmten Periode mindestens aufeinander folgen müssen, bis die Wahrnehmung eines Tones zustande kommt, hat nach mannigfachen älteren Versuchen vor einiger Zeit durch A b r a h a m und B r ü h l eine anscheinend zuverlässige Antwort gefunden. Die untersuchten Töne wurden durch das Anblasen der Löcherreihe einer Sirene hervorgebracht und von diesen Löchern dann immer mehr solange verstopft, bis schließlich die Tonempfindung ganz aufhörte. Es fand sich, daß von den tiefsten Tönen bis in die Mitte der viergestrichenen Oktave (d. h. bis zu Tönen von etwa 3000 Schwingungen) s c h o n 2 S c h w i n g u n g e n genügten, um eine Tonempfindung hervorzubringen. Die Töne waren

schwach, auch von mannigfachen Geräuschen begleitet, konnten aber nicht nur im allgemeinen als Töne erkannt, sondern von einem geübten und urteilssicheren Beobachter auch ihrer Höhe nach genau bestimmt werden. Bei nur einem einzigen Tonstoß wurde durchweg nur ein knallartiges Geräusch wahrgenommen; es muß also, wie ja auch begreiflich, mindestens noch ein zweiter Stoß hinzukommen, um die Periode der Schwingungen anzugeben. Bei Tönen von mehr als 3000 Schwingungen waren 3, bei mehr als 4000 4 Tonstöße erforderlich usw.; offenbar, weil bei der abnehmenden Dauer der Einzelschwingungen die Gesamtzeit der Erregung sonst zu kurz werden würde, um den empfindenden Apparat noch beeinflussen zu können.

4. Abhängigkeit von der Schwingungsform.[1] Was unter der Form einer Schwingung zu verstehen sei, wird sogleich klar, wenn man sich die Bewegungen der schwingenden Teilchen von ihnen selbst aufgezeichnet denkt, und zwar auf eine Fläche, die senkrecht zu der Schwingungsrichtung gleichförmig fortbewegt wird. Es entstehen dann je nach der Art der Bewegung verschieden gestaltete Kurven, wie ihrer ja manche, z. B. Pulskurven, Atemkurven, Stimmgabelkurven, allgemein bekannt sind. Daß es die in derartigen Verschiedenheiten der Form zum Ausdruck kommenden Besonderheiten der Tonschwingungen sein müssen, von denen die Klangfarbe abhängt, war schon lange bekannt. Aber erst durch Helmholtz ist klargestellt worden, worin die Abhängigkeit im einzelnen besteht, und ist zugleich auch ein Verständnis für diesen Zusammenhang angebahnt worden.

Von wesentlicher Bedeutung hierbei ist eine besonders einfache Schwingungsform: die Bewegung eines hin- und hergehenden Pendels, die man auch schlechthin als *einfache Schwingung* bezeichnet. Wie die Form, so ist auch das ihr zu Grunde liegende mathematische Gesetz sehr einfach: die Entfernungen der schwingenden Teilchen von ihrer Gleichgewichtslage sind proportional den Sinus der bis dahin verflossenen Zeiten; für solche Pendelschwingungen ist daher auch der Name *Sinusschwingungen* gebräuchlich.[2] Wenn mehrere Impulse zu Pendelschwingungen denselben materiellen Teilchen gleichzeitig zugehen, so können die hervorgebrachten Bewegungen an den einzelnen Teilchen natürlich nicht getrennt bleiben; sie setzen sich nach allgemeinen mechanischen Prinzipien zu resultierenden Bewegungen zu-

[1] Alles Wesentliche bei H. v. Helmholtz, in der ersten Abteilung der „Tonempfindungen“. — Eingehendere Erörterung mancher Punkte bei Stumpf, Tonpsychologie II §§ 21, 22, 28 II.

[2] Der Zusammenhang zwischen beiden ist leicht anschaulich zu machen. Man denke sich die Dauer einer einmaligen ganzen Pendelschwingung repräsen-

sammen. Gleichsinnig gerichtete Exkursionen von der Gleichgewichtslage also summieren sich, entgegengesetzt gerichtete kommen mit der Größe ihrer Differenz zur Geltung. An der graphischen Darstellung der Schwingungen bringt man diese Zusammensetzung durch einfaches Aufeinandersetzen der Ordinaten mit Berücksichtigung ihrer Richtung zum Ausdruck. Soll z. B. ein bewegliches Teilchen die Pendelbe-

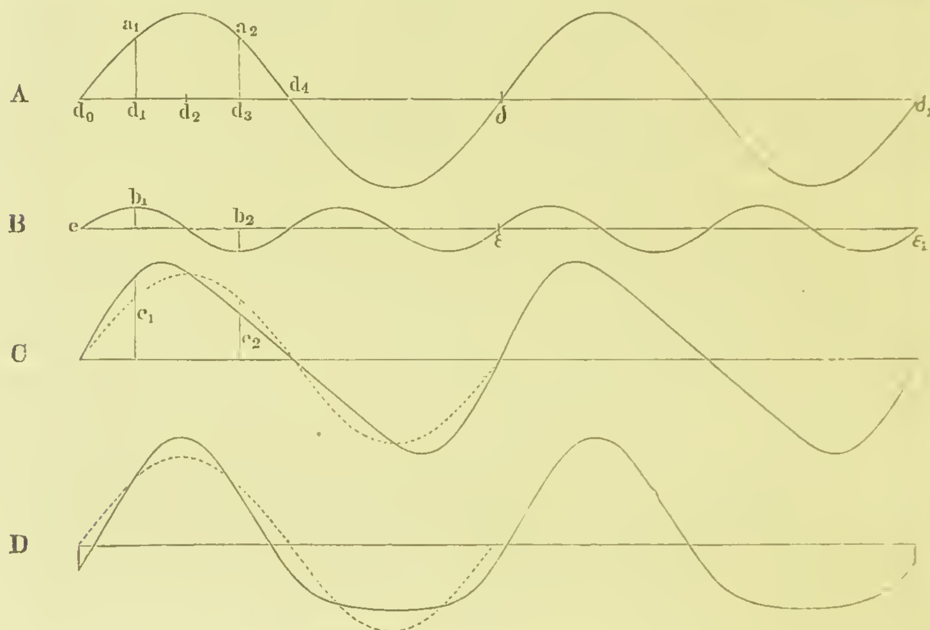


Fig. 30. Zusammensetzung von Pendelschwingungen.

wegung *A* der Fig. 30 vollführen und gleichzeitig die Pendelbewegung *B*, die die doppelte Schwingungszahl aber nur etwa $^1/_4$ der

tiert durch den Umfang des Zifferblattes einer Uhr (Fig. 29). Der Rand des Zifferblattes werde andauernd und mit gleichförmiger Geschwindigkeit von einem Punkte durchlaufen. Von der Fläche des Papiers in *n* aus gesehen beschreibt dieser Punkt dann Pendelschwingungen um die Gleichgewichtslage in *m*. Die hierbei verlaufenden Zeiten werden gemessen durch die Winkel *t*, 2 *t* . . . 2 π + *t* usw., die Entfernungen von der Gleichgewichtslage durch die Ordinaten 1, 2 . . u. s. w., die eben gleichzeitig die Sinus jener Winkel sind. Wie die Figur weiter veranschaulicht, kann man diesen Zusammenhang zu einer bequemen graphischen Darstellung der Pendelschwingungen benutzen. Man teilt den Kreisumfang in eine beliebige Anzahl gleicher Teile und trägt die Abstände der Teilpunkte von der Linie *mn* nacheinander in gleichen Zwischenräumen auf eine Abscissenachse als Ordinaten auf. Durch Verbindung der Endpunkte dieser Ordinaten erhält man dann die Pendelkurve.

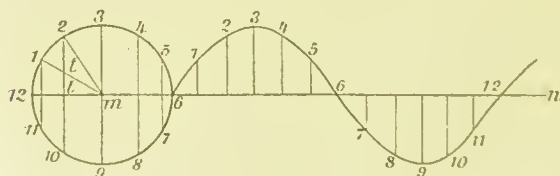


Fig. 29.

Amplitude hat, so resultiert die Bewegung *C*, wenn die beiden Pendelschwingungen zeitlich so zusammengehören, daß die in *e* und d_0 wirksamen Impulse auf denselben Moment fallen. Erfolgt dagegen die Bewegung *B* um $^1/_4$ ihrer Wellenlänge später, trifft also der in *e* wirksame Impuls mit dem Impuls d_1 von *A* zeitlich zusammen, so hat die resultierende Bewegung die Form *D*. Wieder andere Formen ergeben sich, wenn dieselben beiden Pendelbewegungen mit anderen Gangunterschieden (*Phasen*) zusammentreffen.

Man wird selbst nach diesen einfachen Beispielen schon übersehen, daß es möglich sein muß, aus einer größeren Anzahl von Pendelschwingungen von beliebig verschiedenen Schwingungszahlen, beliebigen Amplituden und beliebigen Gangunterschieden eine ungeheure Anzahl von komplizierten periodischen Bewegungen durch Zusammensetzung zu gewinnen. Indes diese Mannigfaltigkeit ist tatsächlich noch größer, als man zunächst wohl vermuten möchte, „sie ist so groß, daß sie gar nicht größer sein kann". Es hat sich mathematisch beweisen lassen (Fourier'scher Satz, 1822), daß jede vollkommen beliebige Schwingung, wofern sie nur periodisch ist, aus einer mehr oder weniger großen Summe von Sinusschwingungen zusammengesetzt werden kann, deren Schwingungszahlen ganzzahlige Vielfache von der Schwingungszahl der gegebenen Bewegung sind. Und zwar ist die Zerlegung der gegebenen Bewegung in einfache Schwingungen in jedem Falle nur in einer einzigen ganz bestimmten Weise möglich; sie liefert jedesmal eine gewisse Anzahl von Sinusschwingungen von bestimmten Schwingungszahlen, bestimmten Amplituden und bestimmten Phasenverhältnissen. Eine nähere Darstellung dieses Zusammenhanges ist mit elementaren Mitteln nicht möglich. Man kann sich indes einigermaßen nahe bringen, wieso es möglich sein kann, von Pendelkurven anscheinend so sehr verschiedene Formen, wie z. B. periodische Zickzack- oder Zackenlinien, doch aus jenen zusammenzusetzen, wenn man die Figur 30 noch einmal betrachtet. Durch eine einzige Superposition sind aus den gleichmäßigen Wellen der Pendelkurven Formen entstanden, von denen *C* unzweifelhaft bereits an ein Zickzack, *D* an gerundete Zacken mit dazwischenliegenden Spitzen erinnert. Denkt man sich zu *C* noch eine Anzahl Kurven geringer Wellenlänge hinzugefügt, deren Ordinaten an den Stellen größter Erhebung und Vertiefung von *C* sämtlich mit dessen Ordinaten gleichgerichtet sind, während sie sich dazwischen (also in der Nähe der Gleichgewichtslage) wechselseitig aufheben, so erkennt man leicht, daß dadurch die Spitzen immer schärfer und die zwischen ihnen verlaufenden Kurvenstücke immer geradliniger werden würden. Unter Umständen braucht man eine außerordentlich

große Zahl von Pendelkurven (und muß also auch hinaufsteigen zu immer höheren Schwingungszahlen), um z. B. scharfe Diskontinuitäten heraus zu bringen; aber durch passend gewählte Kombinationen läßt sich jeder Möglichkeit gerecht werden.

Die auf solche Weise in einer irgendwie gestalteten periodischen Schwingung gewissermaßen enthaltenen einfachen pendelförmigen Schwingungen bezeichnet man als *Teil-* oder *Partialschwingungen*, auch wohl — metaphorisch — als *Teiltöne*, und zählt sie nach den Vielfachen der Schwingungszahlen als ersten, zweiten, dritten usw. Teilton. Die in ihrer Periode mit der gegebenen Bewegung übereinstimmende Teilschwingung wird vielfach auch als *Grundton* besonders herausgehoben; die übrigen heißen dann *harmonische Obertöne*. Sie werden gezählt in der Reihenfolge der Teiltöne; der erste Oberton ist also die höhere Oktave des Grundtons und identisch mit dem zweiten Teilton usf.

Dies vorausgeschickt, läßt sich nun der Zusammenhang zwischen Schwingungsform und Klangfarbe sehr einfach angeben: die Klangfarbe eines Tones[1] hängt lediglich ab von der Ordnungszahl und der Intensität der Teilschwingungen, in die sich die ihm zu Grunde liegende objektive Bewegung für unsere Betrachtung zerlegen läßt. Dagegen die weiteren zahlreichen Verschiedenheiten der Schwingungsformen, die durch bloße Phasenverschiebungen der Teilschwingungen hervorgebracht werden können, sind auf sie ohne Einfluß.

Töne, die durch reine Pendelschwingungen der Luft hervorgebracht werden, bei denen also alle Obertöne fehlen, haben einen

---

[1] Helmholtz schlug seinerzeit vor, das Wort *Ton* durchaus auf den Klang einfacher Schwingungen zu beschränken, dagegen die durch periodische Luftbewegungen überhaupt verursachten Eindrücke *Klänge* zu nennen. Diese Bezeichnung läuft dem Sprachgebrauch zu sehr zuwider, als daß sie sich hätte durchsetzen können; ich folge ihr daher meinerseits nicht. Helmholtz selbst hat sie nicht völlig festhalten können, sondern spricht wie jeder andere von den Tönen der Geige oder des Harmoniums. Besteht das Bedürfnis, die auf einfachen und die auf komplizierten Schwingungen beruhenden Tonempfindungen gesondert zu bezeichnen, so muß man nicht für die zweiten, sondern für jene ersten einen neuen Namen einführen. Denn die physikalisch kompliziert gebauten Töne sind das Alltägliche und jedermann Geläufige; für sie besteht daher ein festwurzelnder Name, den man ohne einen allgemein verständlichen Grund nicht abändern kann. Die einfachen Töne dagegen sind im gewöhnlichen Leben etwas äußerst Seltenes; in völlig garantierbarer Einfachheit lassen sie sich überhaupt nur durch raffinierte Mittel herstellen. Ein besonderer Name für sie hat nur für die Wissenschaft Interesse; er darf daher nicht bereits anderweitig belegt sein. Aber warum sollte das Zusatzprädikat „einfach“ nicht genügen? Ist es bei den *homogenen* Farben doch auch nicht anders.

relativ weichen und klaren Klang, dem es indes, man möchte sagen, etwas an Charakter, an Würze fehlt.. Hierher gehören vor allem die Töne frei verklingender Stimmgabeln, annähernd auch die von Flöten und angeblasenen Flaschen. Beim Hinzutreten einer Anzahl von niederen Teilschwingungen, etwa bis zur siebenten oder zehnten, in allmählich abnehmender Intensität, werden die Töne reicher, prächtiger, sozusagen körperhafter, zugleich auch heller. So verhält es sich z. B. bei den Tönen des Klaviers, der menschlichen Singstimme, annähernd auch bei denen des Horns. Das Vorhandensein hoher Teilschwingungen endlich, namentlich wenn sie relativ stark sind, bedingt einen scharfen, durchdringenden, rauhen oder schmetternden Klangcharakter. Auf ihnen beruht das Eigenartige der Töne von Geigen, Zungenpfeifen, Trompeten usw. Andere Verschiedenheiten werden dadurch hervorgebracht, daß alle geradzahligen Teilschwingungen fehlen, während die ungeradzahligen mehr oder weniger reichlich vorhanden sind (Klarinette, gedeckte Lippenpfeifen), oder daß der Grundton gegen die nächsten Obertöne an Stärke zurücktritt u. dergl. Ausnahmslos aber liegt allen Unterschieden der musikalischen Klangfarbe, auch z. B. denen, die durch die Individualität der einzelnen Instrumente derselben Gattung (Material, Alter) oder durch die Art der Tonbildung bedingt sind, objektiv nichts Anderes zugrunde als verschiedene Kombinationen und verschiedene Stärkegrade der Teilschwingungen.

Vielleicht ist noch eine Erläuterung darüber zweckmäßig, auf welche Weise denn ein einziges tongebendes Instrument Lufterschütterungen hervorbringen kann, die ganz ebenso beschaffen sind, als wenn eine größere Anzahl von pendelförmig schwingenden Tonquellen zusammenwirkte. Das ist auf dreifache Weise möglich. Der schwingende Körper kann z. B., indem er als Ganzes schwingt, sich doch zugleich auch in verschiedene Abteilungen und Unterabteilungen zerlegen, die dann unbeschadet ihrer Teilnahme an der großen Hauptbewegung in kleineren Exkursionen für sich schwingen. Unter Umständen findet diese Zerlegung nach ganz einfachen Zahlenverhältnissen statt, z. B. bei guten Klaviersaiten. Die Saite schwingt pendelförmig als Ganzes, außerdem gesondert in ihren beiden Hälften, ihren drei Dritteln usf. Da die Knotenpunkte zwischen zwei Abteilungen je eine gewisse Schwingung nicht mitmachen, so entsteht die resultierende Luftbewegung aus Vorgängen, die in einer gewissen räumlichen Trennung nebeneinander ablaufen. (Unter anderen Umständen, so bei Membranen und Glocken, sind die Schwingungszahlen der einzelnen Abteilungen nicht ganzzahlige Vielfache von der Schwingungsfrequenz des Ganzen, sodaß man auch die entstehenden Teilschwingungen nicht als harmonische, sondern als *unharmonische* Obertöne des Grundtons bezeichnet. Die Schwingungsform innerhalb der einzelnen Perioden der Grundschwingung bleibt dann nicht mehr dieselbe, sondern ändert sich allmählich, und der Fall gehört mithin nicht mehr zu den regelmäßig periodischen Schwingungen, die uns hier vorwiegend interessieren.)

In einer zweiten Gruppe von Fällen schwingt der tongebende Körper durchaus als Ganzes, aber durch die Art seiner Erschütterung wird ihm eine andere

als pendelförmige Periodizität aufgedrängt. Eine angeschlagene und dann frei ihrer eigenen Elastizität überlassene Stimmgabel klingt in Pendelschwingungen ab. Eine elektromagnetisch getriebene Gabel aber bewegt sich schneller zu dem sie anziehenden Magneten hin als von ihm fort; ihre Schwingungsform ist also komplizierter. Eine Violinsaite wird von dem langsam darübergezogenen Bogen ein Stückchen mitgenommen, springt dann mit einem kurzen Ruck wieder zurück, wird abermals langsam mitgezogen usf. Sie vollführt also in ganzer Länge eine Bewegung, die bei graphischer Registrierung als eine scharf gebrochene Zickzacklinie erscheint, mit einem relativ schrägliegenden und einem relativ steilen Ast.

Drittens endlich kann der Schwingungserreger sich ohne Gliederung in Unterabteilungen und rein pendelförmig bewegen und doch bei der Übertragung seiner Schwingungen an die Luft eine viel kompliziertere Bewegung hervorrufen. So ist es z. B. bei den Zungentönen. Die Zunge vibriert ganz oder doch nahezu wie ein schnell bewegtes Pendel. Aber indem sie durch einen von ihr fast ganz ausgefüllten Spalt hindurchschlägt, bewirkt sie Stauungen und Wirbel der Luft, die sich der Hauptschwingung als außerordentlich zahlreiche Teilschwingungen hinzugesellen. Selbst bei Stimmgabeln werden die pendelförmigen Bewegungen der Zinken nicht einfach auf die anliegenden Luftteilchen übertragen. Durch die unsymmetrische Lagerung dieser Teilchen werden in ihnen vielmehr zugleich Teilschwingungen angeregt, die die Gabel selbst gar nicht ausführt (s. Lindig, Über Asymmetrietöne. Drudes Ann. d. Physik 11 S. 31: 1903). Man erkennt aus alledem, daß es sehr schwer sein muß, eine reine Pendelbewegung der Luft hervorzubringen. Durch eine besondere Art der Erzeugung der Schwingungen ist es wahrscheinlich überhaupt nicht möglich; erst indem man die unbeabsichtigt jederzeit mitentstehenden Oberschwingungen durch Interferenz wieder auslöscht, kann man die zur Einwirkung auf das Ohr gelangende Wellenbewegung von ihnen befreien.

Es entsteht nun die Frage, worauf wohl die beschriebene Abhängigkeit der Klangfarben von den Teilschwingungen beruhen mag, ob sie sich nicht etwas weiter verständlich machen läßt. Das ist bis zu gewissem Grade allerdings der Fall, und zwar durch Vermittelung der folgenden Tatsache. Die an den Luftteilchen ungeteilt zusammenexistierenden Teilschwingungen lassen sich nicht bloß für unsere Analyse voneinander sondern, sie wirken unter Umständen isoliert auf äußere Körper, und so bringen sie sich unter Umständen auch für das Ohr und dadurch für das Bewußtsein isoliert zur Geltung.

Wenn man eine a^1-Stimmgabel auf das Gehäuse eines Klaviers aufsetzt und nun den Ton a^1 oder a, d, A, usw. kräftig anschlägt, d. h. irgend einen Ton, dessen Schwingungen die Periode von a^1 als Teilschwingung enthalten, so klingt die Stimmgabel mit ihrem Eigenton leise mit und nach. Bei dem Anschlag jedes anderen Tones dagegen bleibt sie stumm. Sie sucht sich also aus der ihr zugeführten komplizierten Bewegung die mit ihrer Eigenbewegung übereinstimmende Periodizität gleichsam heraus und läßt sich von dieser zum Mittönen bringen; die Verwicklung aber, in der die ihr zusagende Schwingung objektiv allein existiert, ist für sie nicht vorhanden. Noch stärkere

Töne kann man Klaviersaiten abgewinnen, ohne sie direkt anzuschlagen. Man drücke irgend eine Taste der mittleren Lage vorsichtig nieder, um die betreffenden Saiten von ihrer Dämpfung zu befreien, und schlage nun nach oben oder nach unten hin die Oktave, Duodezime, Doppeloktave usw. der festgehaltenen Taste an: die freigelegten Saiten klingen allemal nach. Bei den tieferen Tönen antworten sie stets mit ihrem Eigenton, dessen Schwingung in denen jener Töne als Teilschwingung enthalten ist. Bei den höheren Tönen dagegen antworten sie mit dem angeschlagenen Ton, weil sie sich diesem durch Zerlegung in Teile leicht anbequemen können, zu tieferen Schwingungen aber keine Anregung erhalten. Werden aber andere Töne angeschlagen als die vorhin genannten, so antworten die Saiten nicht, zum Beweise, daß es nicht die allgemeinen Erschütterungen des Klaviers sind, die sie in Bewegung versetzt haben.

In solcher Weise nun vermögen die Teilschwingungen auch auf das Ohr isoliert einzuwirken: man kann sie aus dem Ton, dessen Klangfarbe sie bilden helfen, direkt heraushören. Das Mittel dazu ist einfach genug: man muß auf sie achten, muß ihnen, da sie sich nur selten einmal von selbst aufdrängen, die Aufmerksamkeit zuwenden. Aber freilich hilft das Mittel nicht immer sofort, oder doch nicht bei jedem. Dann muß man seine Wirksamkeit durch Anwendung verschiedener Hilfsmittel unterstützen und wird nach fortgesetzter Übung mit diesen auch bald zu dem direkten Heraushören gelangen.

Am einfachsten ist es, wenn man den zu vermutenden Teilton zuerst isoliert angibt, ihn in der Erinnerung möglichst festhält und nun den zu analysierenden Ton folgen läßt. Bei angespannter Aufmerksamkeit ist es dann relativ leicht, das vorher allein Gehörte in geringerer Intensität auch hinterher wiederzuerkennen. Der Einwand, daß man auf solche Weise den ersten Ton vielleicht bloß in den zweiten hineinphantasiere, läßt sich mit Sicherheit abweisen. Man vermag nämlich sogar kleine Höhenunterschiede zwischen dem vorbereitenden und in der Erinnerung festgehaltenen Ton und dem vorhandenen Teilton zu bemerken, wenn man die Töne entsprechend gewählt hat. Bedient man sich zu solchen Versuchen des Klaviers, so ist es zweckmäßig, verschiedene Töne durchzuprobieren; man findet sehr bald einige, die den einen oder anderen Teilton in auffallender Stärke enthalten.

Ein anderes Hilfsmittel besteht darin, daß man von der vorhin erwähnten Eigenschaft der Teilschwingungen Gebrauch macht, andere auf sie abgestimmte Körper zum Mitschwingen zu bringen. Man benutzt dazu in der Regel gläserne oder metallene Hohlkörper mit zwei Öffnungen (*Resonatoren*), deren natürlich soviele vorhanden sein müssen,

als man Teiltöne zu untersuchen beabsichtigt. Setzt man die eine, entsprechend geformte Öffnung eines Resonators ins Ohr, der auf einen objektiv vorhandenen, aber schwachen Teilton abgestimmt ist, so wird dieser beträchtlich verstärkt und also sehr viel leichter wahrnehmbar. Hört man den Ton aber überhaupt erst einmal aus dem Ganzen heraus, so gelingt es bald, ihn auch bei allmählicher Entfernung des Resonators noch festzuhalten. Auch zu Versuchen dieser Art eignet sich das Klavier. Wenn man die einem Teilton entsprechende Taste niederdrückt, ohne die Saiten anzuschlagen und dann den zu analysierenden Ton angibt, so wird der in ihm enthaltene Teilton durch das Mitschwingen der freigelegten Saiten ebenfalls verstärkt.

Auf welche Weise man aber auch dazu gelangen möge, jedenfalls ist jedermann imstande, ohne allzugroße Mühe das Heraushören von Teiltönen zu erlernen und sich also von der allgemeinen Fähigkeit dazu und von dem Charakter dieser Töne durch eigene Anschauung Kenntnis zu verschaffen. Man überzeugt sich dann z. B. leicht, wie man ja von vornherein vermuten wird, daß die Teiltöne in ihrer Klangfarbe nicht dem Instrument entsprechen, dem sie entstammen, sondern ganz den Stimmgabeltönen gleichen; sie sind weich und milde wie diese. Bei hinreichender Übung und angespannter Aufmerksamkeit kann man es sogar dahin bringen, mehrere Teiltöne *gleichzeitig* aus einem für gewöhnlich einheitlich erklingenden Ton herauszuhören.[1] Angenommen nun, dieser Fall sei einmal verwirklicht, so hört man dann offenbar nichts Anderes als einen Akkord von Stimmgabeltönen verschiedener Intensität. Der für gewöhnlich *einfache und ungeteilte* Eindruck der Klangfarbe des tongebenden Instruments hört damit natürlich auf; der Eindruck des Akkords tritt — soweit eben die Mehrheit bemerkt wird — an seine Stelle. Man braucht diesem Satz nur eine naheliegende Ergänzung zu geben, so eröffnet sich das gesuchte Verständnis für die Klangfarbe. Wenn durch genügende Steigerung der Aufmerk-

[1] Natürlich gilt für die Wahrnehmung der Teiltöne das oben (S. 295 f.) allgemein über die Unterscheidbarkeit von Tönen Bemerkte. Zwei Töne im Intervall einer Oktave, Quinte, Duodezime werden sehr leicht miteinander verwechselt. Die dem Grundton zunächst liegenden Teiltöne sind nun aber gerade seine Oktave, Doppeloktave und Duodezime, und obwohl diese durch ihre in der Regel größere Stärke relativ leicht herauszuhören sein müßten, wird das durch jene Leichtigkeit der Verwechslung auch wieder erschwert. Unter Umständen hört man den 5. und 7. Teilton (Terz und kleine Septime der Doppeloktave), auch wohl den 6. (Quinte der Doppeloktave) am leichtesten, weil diese bei einer geringeren Möglichkeit der Verwechslung sich zugleich schon in einem beträchtlichen Höhenabstande vom Grundton befinden. Bei den tieferen Klaviertönen ist es nicht allzu schwer, gerade diese drei Teiltöne *gleichzeitig nebeneinander* wahrzunehmen.

samkeit ein bis dahin ungeteilt und mit einer spezifischen Klangfarbe wahrgenommener Ton sich in einen Akkord von Stimmgabeltönen verwandelt, so muß man zweifellos weiter sagen: ein spezifisch gefärbter Ton, in dem keine Teiltöne unterschieden werden, ist als ein unaufmerksam gehörter Akkord aufzufassen. Seine Klangfarbe ist nichts Anderes als das Moment, in dem der verwischte Akkordcharakter doch noch für das Bewußtsein zur Geltung kommt. Die Teiltöne bleiben als solche dem Bewußtsein durchaus verborgen, aber die ihnen zugrunde liegenden Teilschwingungen sind deshalb nicht schlechthin bedeutungslos für den resultierenden Eindruck. Da das Ohr auf ihre isolierte Wahrnehmung nun einmal eingerichtet ist, so entfalten sie immer noch eine gewisse Wirkung. Eine ganz ähnliche Wirkung, wie wenn sonst mehrere räumlich getrennte Töne angegeben werden und doch, wegen mangelnder Übung oder allzu flüchtigen Hinhörens, nicht eine Mehrheit, sondern nur etwas eigentümlich Klingendes wahrgenommen wird, oder auch ähnlich, wie wenn verschiedene Essenzen, die zu einem Parfüm zusammengemischt sind, auch wenn sie gar nicht isoliert erkannt werden, doch dem Ganzen noch einen eigenartigen Charakter verleihen.

Die oben (S. 309) erwähnten allgemeinsten Unterschiede der Klangfarbe werden unter diesem Gesichtspunkte wohl begreiflich. Durch das Vorhandensein einer mäßigen Anzahl niederer Teilschwingungen wird ein Ton, wie wir sahen, reicher oder würziger, als wenn er auf bloßen Pendelschwingungen beruht. Das ist offenbar dieselbe Erscheinung, wie auch ein ohne Analyse gehörter Akkord reicher und voller klingt als ein einzelner Ton, oder wie Kölnisches Wasser reicher duftet als einfaches Bergamottöl. Durch die Teilschwingungen wird der Ton ferner heller, während er ohne sie einen dumpferen Charakter hat. Wiederum ganz verständlich. Das war eben eine der Haupteigentümlichkeiten der hohen, verglichen mit den tiefen Tönen, daß jene — metaphorisch ausgedrückt — etwas Helles, diese etwas Dunkles an sich haben (S. 294). Nun wird ein Ton durch die Beimischung von Teilschwingungen sogar in die Höhe gezogen; ein Stimmgabelton z. B. erscheint vor genauerer Prüfung tiefer als der tatsächlich gleich hohe Klavierton. Es kann also nicht wundernehmen, daß die Teilschwingungen auch etwas von der ihnen bei isolierter Wahrnehmung anhaftenden Helligkeit auf das unanalysierte Ganze übertragen. Zahlreiche hohe Teilschwingungen endlich von größerer Intensität bedingen einen scharfen, durchdringenden, unter Umständen rauhen Klangcharakter. Auch das fügt sich unserer Erklärung. Die zweite oben erwähnte Haupteigentümlichkeit der hohen und höchsten Töne bestand darin, daß sie etwas Dünnes und Spitzes, die tiefen etwas Breites und

Voluminöses haben. Bei starkem Vorwiegen schneller Teilschwingungen geht also, auch ohne isolierte Wahrnehmung von Teiltönen, doch wieder etwas von jenem dünnen und scharfen Charakter auf den einheitlich klingenden Ton über. Dazu kommt dann anderes. Die höheren Teiltöne, obwohl sie wegen der Ganzzahligkeit ihrer Schwingungszahlverhältnisse „harmonische" heißen, würden für sich gehört nichts weniger als harmonisch im ästhetischen Sinne klingen. Sie würden zum Teil schreiende Dissonanzen bilden, und eine diffuse Wirkung dieser, freilich nicht bewußten, aber doch sozusagen objektiv angelegten Disharmonien kann den Eindruck des Durchdringenden offenbar nur verstärken. Zur Erklärung des Rauhen und Schmetternden in manchen Klängen wird man daran denken können, daß je zwei aufeinander folgende Teiltöne stets Schwebungen von der Schwingungsfrequenz des Grundtones miteinander bilden, daß Schwebungen aber allgemein in höheren Lagen besser wahrgenommen werden als in tieferen (S. 323), sowie namentlich noch daran, daß die Tonerregung in manchen Instrumenten wahrscheinlich gleichzeitig harmonische und unharmonische Teilschwingungen hervorruft (S. 309) und diese dann vielfach besonders deutliche Schwebungen liefern müssen.

Natürlich kann man nicht schon alle feineren Unterschiede der Klangfarbe in solcher Weise begreiflich machen, aber im allgemeinen darf man sagen, daß wir in der Klangfarbe der Töne nicht etwas ebenso Ursprüngliches erleben wie in ihrer Stärke und Höhe, sondern etwas bis zu gewissem Grade aus diesen beiden Ableitbares.

§ 26. Der Zusammenklang von Tönen.

Die eigentlich charakteristischen Erscheinungen auf dem Gebiet der Gehörsempfindungen treten hervor, wenn zwei oder mehrere objektive Töne gleichzeitig erklingen. Je nach Umständen gilt dann wieder Verschiedenes; das Wichtigste soll hier unter vier Gesichtspunkten vorgeführt werden.

1. Wahrnehmung einer Mehrheit.[1] Der sozusagen reguläre, d. h. in der großen Mehrzahl der möglichen Tonkombinationen verwirklichte Fall besteht darin, daß die objektiv zugleich vorhandene Mehrheit auch subjektiv als solche erkannt wird. Das Ohr ist, im Gegensatz namentlich zum Auge, ein analysierendes Organ: aus einer objektiv zusammengesetzten Erregung vermag es für das Bewußtsein die einzelnen Glieder wieder herauszulösen, die in

[1] Zusammenhängende Behandlung der hierher gehörigen Fragen bei Stumpf, Tonpsychologie II, §§ 23—26 und 28, Nr. 11.

ihr enthalten sind. Diese seine Fähigkeit haben wir durch die Erörterungen über die Klangfarbe bereits kennen gelernt. Im Grunde macht es ja für die das Trommelfell erschütternden Luftbewegungen keinen Unterschied, ob der Anstoß zu ihnen von einer einzigen oder von mehreren räumlich geschiedenen Tonquellen ausgeht. An den Luftteilchen setzt sich alles zu mehr oder weniger kompliziert-periodischen Schwingungen zusammen. Vermögen wir nun aber (wie bei dem Hören von Teiltönen), solche Schwingungen in Komponenten aufzulösen, aus denen sie durch Zusammensetzung entstanden sein könnten, so vermögen wir natürlich nicht minder, Komponenten gesondert wahrzunehmen, aus denen die resultierende Bewegung durch tatsächliche Zusammensetzung hervorgegangen ist. Und so werden wir uns in der Tat bei dem Zusammenklang von zwei oder mehr objektiven Tönen in der Regel auch einer Mehrheit bewußt; wir empfinden Akkorde als etwas aus unterscheidbaren Teilen Bestehendes.

Die Umstände, von denen abhängt, ob und mit welchem Grade der Sicherheit es geschieht, sind zum Teil schon erwähnt. Die Schwingungszahlverhältnisse der Töne dürfen nicht zu einfach sein, da sie dann zu leicht miteinander verwechselt werden (S. 303). Zusammenklingende Oktaven werden von Ungeübten fast nie als eine Mehrheit erkannt, Quinten nicht immer, dagegen Terzen, übermäßige Quarten, Sekunden fast durchweg. Die relative Stärke der Töne darf ferner nicht allzu verschieden sein, sonst wird der eine von dem anderen übertönt. Die Schwierigkeiten bei dem Heraushören der Teiltöne beruhen wesentlich darauf, daß die stärkeren von ihnen mit dem Grundton zu leicht verwechselt werden, die übrigen dagegen meist schon zu schwach sind. Bei objektiven Akkorden sind die Verhältnisse in beiden Hinsichten in der Regel viel günstiger und die mehrheitliche Wahrnehmung daher bei weitem leichter. Weiter muß ein gewisser Höhenabstand zwischen den Tönen sein, und zwar ein beträchtlich größerer als die Unterschiedsschwelle für aufeinander folgende Töne, und endlich kommt es sehr wesentlich auf Übung, jeweilige Aufmerksamkeit und individuelle Beanlagung an. Ein genaues Erkennen der einzelnen Glieder der Mehrheit und gar eine richtige Bestimmung ihrer Anzahl ist nur möglich, wo mehrere der genannten Momente in günstigem Sinne zusammen wirken.

Bisweilen scheint es, als ob unsere Fähigkeit zu gesondertem Wahrnehmen gleichzeitiger Töne noch weiter ginge, als durch die bisherigen Erörterungen verständlich sein würde. Wir sind bekanntlich imstande, bei dem Zusammenspiel eines Orchesters nicht nur in jedem Moment eine Mehrheit von Tönen zu hören, sondern außerdem auch bis zu gewissem Grade ihre Zugehörigkeit zu den verschiedenen

Instrumenten zu erkennen und z. B. zu unterscheiden, was in dem Zusammenklang von der Trompete, was von der Geige herrührt. Darin liegt, wenn die Klangfarbe der Töne in weiter nichts besteht als in begleitenden Geräuschen und in nicht isolierten Obertönen, eine gewisse Schwierigkeit. Wir müßten erwarten, wenn etwa *c* und e^1 von verschiedenen Instrumenten angegeben werden, diese beiden Töne, ihre charakteristischen Erzeugungsgeräusche und die etwa unterschiedenen Obertöne einfach nebeneinander zu hören. Außerdem müßten die nicht unterschiedenen Obertöne der ganzen zusammenklingenden Masse einen eigentümlichen Charakter verleihen, der nicht ganz der des einen noch der des anderen Instruments, sondern etwas Mittleres zwischen beiden wäre. Woher kommt es nun, daß sich das nicht so verhält? daß wir vielmehr den einen Grundton mit dem einen Geräusch und einer gewissen Kombination ungesondert bleibender Obertöne zu einer Gruppe, beispielsweise zu einem Violinton, zusammenfassen und den Rest zu einer anderen Gruppe?

Die Antwort ist: das liegt teils an anderweitig unterstützenden Momenten der unmittelbaren sinnlichen Wahrnehmung, teils an der Nachwirkung früherer Erfahrungen. Die beiden Instrumente befinden sich z. B. an verschiedenen Plätzen des Orchesters, und diese räumlichen Verschiedenheiten vermögen wir, wovon erst später gehandelt werden kann, zu erkennen. Die Bestandteile der einen vorhin erwähnten Gruppe werden also gemeinsam hierhin lokalisiert, die der anderen dorthin, und damit treten beide auseinander. Bei jeder Bewegung des Kopfes wird die Sonderung erleichtert, weil sich dann die eine Gruppe etwas anders verändert als die andere. Ferner spielen die beiden Instrumente selten längere Zeit hindurch genau zusammen. Sie setzen wohl einmal verschieden ein, schreiten mit verschiedener Schnelligkeit fort und dergl., und dadurch orientieren sie uns auch für die zwischenliegenden Momente, wo sie zusammengehen. Endlich aber deuten wir das Gehörte auf Grund unserer früheren Erfahrungen. Denkt man sich, es würden zwei verschiedene Töne von zwei bis dahin ganz unbekannten Instrumenten in strenger Gleichzeitigkeit und möglichst von derselben Stelle des Raumes aus angegeben, so müßte es sich in der Tat verhalten, wie vorhin gesagt; d. h. wir würden mehrere Töne und Geräusche in einer gewissen Sonderung nebeneinander vernehmen und das Ganze in einer eigenartigen unbekannten Klangfarbe, hätten aber gar keine Veranlassung, das alles gerade auf zwei Instrumente zu beziehen. Allein nun wissen wir doch bei unseren Orchestern, womit wir es zu tun haben. Hat die ganze Klangmasse etwas Schmetterndes an sich, so muß eine Trompete dabei sein, hat sie etwas Rauhes, eine Geige. Für die richtige Zuordnung der ein-

zelnen Töne an diese verschiedenen Instrumente kommen uns andere Kenntnisse zu Hilfe: die Flötentöne sind verhältnismäßig hoch, die des Cello verhältnismäßig tief, die Blechinstrumente besonders kräftig usw. Somit ist also auch die weitergehende Analyse, die wir beim Anhören von Musik in der Regel ausüben, ganz wohl verständlich, aber sie ist eine viel verwickeltere Leistung als die einfache Sonderung von mehreren Tönen verschiedener Höhe, deren wir durch bloßes aufmerksames Hinhören schon fähig sind.

Um zu dieser einfachen Sonderung noch einmal zurückzukehren, so bedingt natürlich das Vorhandensein der Fähigkeit zu ihr nicht ihre Verwirklichung in jedem einzelnen Falle. Bei ungenügender Aufmerksamkeit oder ungünstiger Gestaltung der erwähnten übrigen Umstände, von denen sie abhängt, kann sie auch völlig unterbleiben. Dann empfinden wir das objektiv Mehrfache als ein subjektiv Einfaches und Ungeteiltes von einem eigentümlichen, nicht weiter rubrizierbaren Klangcharakter. Besonders bemerkenswert ist nun aber, daß diese Einheitlichkeit des Akkordes auch dann nicht ganz verloren geht, wenn wir uns der Mehrheit der ihn bildenden Töne deutlich bewußt sind. Die Einzeltöne stehen nicht bloß isoliert nebeneinander, sondern werden als Teile eines sie umfassenden und enthaltenden Ganzen wahrgenommen. Dieser Bewußtseinsinhalt, Einheit in Vielheit, als solcher kann uns wieder erst später beschäftigen; hier sei nur einiges erwähnt, was sein Vorkommen bei den Tönen betrifft.

Soweit ein Akkord als einheitliches Ganzes zum Bewußtsein kommt, muß an ihm auch offenbar eine gewisse einheitliche Höhe wahrgenommen werden, unbeschadet der besonderen und zum Teil davon verschiedenen Höhen der in ihm unterschiedenen Glieder. Das ist in der Tat der Fall. Ein Zusammenklang scheint wesentlich die Höhe seines tiefsten Tones zu besitzen. Ganz unverkennbar ist dieses Verhältnis bei dem Zusammenklingen eines Grundtons mit seinen Obertönen: auch wenn diese isoliert gehört werden, bleibt noch der Eindruck eines Ganzen von der Höhe des Grundtons, der eben von dieser Tatsache seinen Namen trägt. Es ist aber ähnlich auch bei anderen Tonkombinationen und wenn der tiefste Ton nicht gerade der stärkste ist. Das Tiefe erscheint als das eigentlich Charakteristische und Bestimmende des Ganzen, das Hohe mehr als eine beigegebene Ausstattung. Daß unsere moderne Musik die Melodie in die Oberstimme zu legen pflegt, widerspricht dem nicht. Wegen unserer größeren Empfindlichkeit für die höheren Töne ist es dann leichter, sie herauszuhören und sie als etwas von dem übrigen Ganzen Abgesondertes wahrzunehmen.

Auch eine gewisse einheitliche Stärke kommt ferner einem Akkord zu. Sie ist aber nicht etwa gleich der Gesamtstärke seiner einzelnen

Glieder, sondern ungefähr gleich der Stärke des lautesten unter ihnen Darin kommt die gesonderte Wahrnehmbarkeit der Einzeltöne wieder zur Geltung, daß keine wechselseitige Summierung ihrer Stärke eintritt. (Für die genaueste Beobachtung findet vielmehr eine leichte wechselseitige Schwächung statt.) Man kann sich an jedem Klavier davon überzeugen, daß die Veränderung, die ein Einzelton durch das Hinzutreten anderer Töne allerdings erfährt, nicht von derselben Art ist wie eine Steigerung des Leisen zum Lauten. Der Akkord klingt voller und reichhaltiger, der Einzelton dürftiger; aber hinsichtlich der Stärke klingt das Ganze nicht wesentlich anders als der lauteste seiner Einzeltöne.

2. Verschmelzung.[1] In einem besonderen und schon mehrfach erwähnten Fall ist die Wahrnehmung einer Mehrheit gleichzeitig erklingender Töne auffallend erschwert. Wenn nämlich die Verhältnisse der Schwingungszahlen zweier Töne sich durch kleine ganze Zahlen ausdrücken lassen (oder von solchen Zahlverhältnissen nicht sehr abweichen), so nähert sich ihr Zusammenklang bald mehr bald weniger dem Eindruck eines einzigen Tones. Die Töne *verschmelzen*, wie Stumpf diese von ihm besonders eingehend studierte Erscheinung genannt hat, zu einem einheitlichen Ganzen, d. h. sie können, obwohl sie noch getrennt werden, doch selbst bei größter Übung in der Analyse von Zusammenklängen und bei größter Aufmerksamkeit nicht so sicher auseinandergehalten und als zwei erkannt werden, wie es bei minder einfachen Schwingungsverhältnissen möglich ist. Und zwar überwiegt in diesem einheitlichen Eindruck durchweg der Charakter des tieferen Tones. Der höhere wird von ihm teilweise gleichsam aufgesogen; aber indem er zurücktritt, dient er dazu, den tieferen reicher und stärker erscheinen zu lassen, als es ohne seine Begleitung der Fall ist.

Musikalisch gebildete Personen vermögen eine gewisse Mehrheit von verschiedenen Verschmelzungsgraden ohne weiteres durch direkte Beurteilung der Tonpaare festzustellen. Bei Unmusikalischen kann man sich eines indirekten Verfahrens bedienen: man läßt sie wiederholt angeben, ob sie in einem objektiven Zweiklang zwei Töne oder nur einen Ton erkennen, und zählt ab, wie viele Einheitsurteile bei verschiedenen Intervallen vorkommen. Je mehr ihrer sind, desto stärker wird offenbar die Einheitlichkeit der beiden Töne anzusetzen sein. Auf beide Weisen ergibt sich übereinstimmend, daß die Oktave

[1] Stumpf, Tonpsychologie II § 19f.; 1890. Beiträge zur Akustik und Musikwissenschaft I S. 34; 1898. Ferner drei Arbeiten von Faist, Meinong und Witasek, Stumpf in der Zeitschr. f. Psychol. usw. 15 S. 102, 189 u. 280; 1897. Buch, Über die „Verschmelzung" von Empfindungen, besonders bei Klangeindrücken. Philos. Stud. 15 S. 1 u. 183; 1899.

bei weitem das stärkst verschmelzende Intervall ist; bei Unmusikalischen erhält man hier etwa 75 % Einheitsurteile. Es folgen mit merklich geringerer Einheitlichkeit und unter sich etwa gleichstehend Duodezime und Quinte. An dritter Stelle steht, wieder merklich schwächer verschmelzend, die Quarte; dann kommen mit annähernd gleichen Verschmelzungsgraden die großen und kleinen Sexten und Terzen. Nahezu ebenso einheitlich wie sie und jedenfalls viel einheitlicher als die wenigst verschmelzenden Intervalle der Sekunden, Septimen, Nonen klingt endlich ein musikalisch wenig gebrauchtes Intervall, die übermäßige Quart. Das genaue Verhältnis der Schwingungszahlen ihrer beiden Töne (32 : 45) läßt sich zwar keineswegs durch kleine ganze Zahlen darstellen, wie es sonst bei den gut verschmelzenden Intervallen der Fall ist, aber es liegt doch dem kleinzahligen Verhältnis 5 : 7 noch außerordentlich nahe, sodaß die allgemeine Regel hier keine Ausnahme erleidet.

3. Schwebungen und Zwischenton.[1] Wenn man auf einem Klavier in den tieferen Lagen zwei nebeneinander liegende Tasten anschlägt oder auch in den mittleren Lagen eine einzige Taste, deren drei Saiten etwas gegeneinander verstimmt sind, so hört man nicht ruhig und gleichmäßig verklingende Töne, sondern, namentlich bei ihrem Schwächerwerden, eigentümliche Pulsationen, ein abwechselndes Nachlassen und Wiederanschwellen ihrer Stärke. Deutlicher zeigt sich die Erscheinung bei länger anhaltenden Tönen, zumal wenn sie während des Versuches in ihrer Höhe geändert werden können. Werden z. B. zwei Pfeifen mit beweglichem Deckel gleichzeitig angeblasen und dann vom Einklang aus allmählich gegeneinander verstimmt, so vernimmt man zuerst ein langsames Auf- und Abwogen des Tonganzen. Bei zunehmender Höhendifferenz folgen die Pulse schneller aufeinander, sie hören sich an wie ein schnelles Klopfen und drängen sich weiterhin zu einem Rasseln, Schnarren, Schwirren und dergl. zusammen.

Diese periodischen Stärkeschwankungen werden als *Schwebungen* bezeichnet. Der sinnliche Eindruck, den sie machen, ist ganz derselbe, wie wenn man einen objektiv gleichmäßig andauernden Ton auf irgend eine Weise für die Wahrnehmung periodisch unterbricht oder abschwächt. Wird z. B. eine tönende Stimmgabel in rascher Abwechslung dem Ohr genähert und wieder von ihm entfernt, oder

[1] Stumpf, Tonpsychologie II § 27. Krueger, Beobachtungen an Zweiklängen; Philos. Stud. **16** S. 307 u. 568; 1900. Schaefer und Guttmann, Über die Unterschiedsempfindlichkeit für gleichzeitige Töne; Zeitschr. f. Psychol. usw. **32** S. 87; 1903.

wird zwischen Ohr und Stimmgabel ein kleiner Karton rasch hin- und herbewegt, so schwebt der Ton gleichfalls. Der Unterschied ist nur, daß in den hier interessierenden Fällen die Schwebungen durch die wechselseitige Einwirkung von zwei objektiven Tönen hervorgebracht werden, die unter Umständen auch beide zu hören sind. Sie kommen auf solche Weise allemal dann zustande, wenn zwei Töne in der Höhe nicht ganz übereinstimmen, aber doch einander naheliegen, wenn also ihre Schwingungszahlen um mäßige Beträge voneinander differieren. Und zwar ist die Zahl der Schwebungen in einer bestimmten Zeit, z. B. einer Sekunde, stets genau ebenso groß, wie jene Differenz der Schwingungszahlen in derselben Zeit.

Zu Grunde liegt den subjektiven Stärkeschwankungen der Schwebungen ein ganz gleichartiger objektiver Vorgang an den schwingenden Luftteilchen. Wenn nämlich diesen gleichzeitig Schwingungen von etwas verschiedener Schnelligkeit mitgeteilt werden, so müssen sie sich notwendig an ihnen abwechselnd verstärken und schwächen. Sollen z. B. in einem bestimmten Zeitintervall zu gleicher Zeit 8 und 9 Pendelschwingungen von gleicher Amplitude durch die Luft fortgepflanzt werden und fallen die gleichgerichteten Anstöße zu Beginn und damit auch zu Ende jener Zeit zusammen, so verstärken sie sich hier wechselseitig. Dann aber muß offenbar in der Mitte des Intervalls die langsamere Bewegung von der schnelleren gerade um eine halbe Wellenlänge überholt werden, denn jene hat bis dahin 4 Schwingungen, die andere bereits $4^1/_2$ Schwingungen vollendet. Die Anstöße für die Luftteilchen müssen also in dieser Gegend für kurze Zeit direkt gegeneinander wirken, und bei gleicher Intensität der beiden Schwingungsvorgänge kommt die resultierende Luftbewegung (wie Fig. 31 veranschaulicht) für eine kleine Weile zum Stillstand.



Fig. 31. Schema der Entstehung von Schwebungen.

Daß die Zahl dieser sogenannten *Interferenzen* ganz wie die der Schwebungen mit der Differenz der Schwingungszahlen der beiden Wellenzüge übereinstimmen muß, liegt auf der Hand. Über den näheren Zusammenhang zwischen dem subjektiven und dem objektiven Phänomen ist freilich hierdurch noch nichts entschieden; er kann erst später erörtert werden (S. 337).

Als Träger der Schwebungen, d. h. als das woran sie haften, was da als intermittierend oder rasselnd empfunden wird, werden unter

Umständen eben die beiden Töne gehört, durch deren Wechselwirkung sie entstehen. Dies aber nur dann, wenn beide nicht allzu nahe aneinander liegen, wenn sie, um einen bestimmten Wert zu nennen, in der eingestrichenen Oktave um etwa einen Halbton voneinander entfernt sind. Rücken sie so nahe aneinander, daß der Unterschied (in mittleren Höhen) nur etwa 10 Schwingungen und weniger beträgt, so vermag man sie nicht mehr gesondert wahrzunehmen. Man hört dann vielmehr, worauf namentlich Stumpf hingewiesen hat, nur einen der Höhe nach zwischen ihnen liegenden Ton (*Zwischenton*) und diesen als Träger der Schwebungen. Man kann ihn bei einiger Übung leicht durch Nachsingen treffen und dann konstatieren, daß er höher ist als der eine und tiefer als der andere der beiden gegebenen Töne. Bei mittleren Differenzen der Schwingungszahlen ist auch das subjektive Erlebnis ein mittleres. Man hört den Zwischenton und an ihm haftend die Schwebungen, zugleich aber neben ihm die objektiv erzeugten Töne, ruhig bleibend und merklich abgeschwächt in ihrer Stärke. Je weiter die Primärtöne auseinander rücken, desto deutlicher und stärker werden sie wahrgenommen, je näher aneinander, desto deutlicher und überwiegender der Zwischenton. (In den tieferen und höheren Oktaven des Tonreiches bedarf es weit größerer Intervalle, um zwei gleichzeitige Töne getrennt zu hören; selbst musikalisch gebildeten Personen erscheinen hier Terzen und Quinten durchaus als ein Ton.)

Ob die miteinander interferierenden Schwingungen objektiv selbständig erzeugt oder als Teilschwingungen in einer komplizierten Bewegung enthalten sind, ist für den akustischen Effekt gleichgültig. Denn wenn eine Bewegung durch Interferenz vernichtet wird, die zwar nicht objektiv selbständig vorhanden, aber durch Analyse in einer anderen nachweisbar ist, so verschwindet ebendamit die durch sie hervorgebrachte Besonderheit der nicht analysierten Schwingungsform; diese Besonderheit kann somit für das Ohr nicht mehr zur Geltung gelangen. Es schweben also auch Obertöne mit objektiv selbständigen Tönen, sowie Obertöne miteinander. Ja, weil bekanntlich intermittierende Eindrücke auf allen Sinnesgebieten relativ besser wahrzunehmen sind als kontinuierlich andauernde, so hört man solche Obertonschwebungen oft noch mit Leichtigkeit, wo ein direktes Heraushören der sie veranlassenden Obertöne nicht mehr gelingen will. Man hat daher in ihnen ein sehr empfindliches Mittel, das Vorhandensein von Obertönen nachzuweisen, die sich wegen ihrer starken Verschmelzung mit dem Grundton oder wegen ihrer geringen Stärke sonst der Feststellung entziehen.

Außer den bisher betrachteten Schwebungen nun zwischen Tönen

in nicht allzugroßer Entfernung vom Einklang (*Primenschwebungen*) gibt es noch eine große Reihe anderer, die von Rud. König zuerst nachgewiesen worden sind.[1] Auch wenn zwei Töne zugleich erklingen, von denen der eine beinahe, aber nicht ganz, mit irgend einem harmonischen Oberton des anderen übereinstimmt (d. h. also, annähernd aber nicht genau zweimal, dreimal, viermal . . . soviel Schwingungen macht als der andere), sind Schwebungen wahrzunehmen. Ihre Zahl ist allemal gleich der Differenz zwischen der Schwingungszahl des höheren Tones und dem nächstliegenden ganzzahligen Vielfachen des tieferen, einerlei ob diese Differenz positiv oder negativ ist. Zwei Töne z. B. von 200 und 396 Schwingungen in der Sekunde liefern 4 Schwebungen in derselben Zeit, ebenso die Töne 200 und 404; wiederum ebensoviele die Töne 200 und 596, 200 und 604 usw. Bei zunehmender Entfernung der beiden zusammenklingenden Töne voneinander werden diese Schwebungen immer schwächer, aber bei verstimmten Oktaven z. B. sind sie noch sehr aufdringlich. Man hat sich mit ihrer Anerkennung als eines unmittelbaren Ergebnisses der Wechselwirkung zweier nahezu harmonischer Töne vielfach nicht recht befreunden können und sie mit Hilfe von Obertönen zu erklären gesucht. Der tiefere Ton enthalte Obertöne, und diese ergäben die Schwebungen mit dem gegen sie etwas verstimmten höheren Ton ganz in gewöhnlicher Weise. Indes man kann die etwa in Verdacht kommenden Obertöne durch Interferenz sicher beseitigen, und die Schwebungen bleiben doch, wofern nur der tiefere Ton bei der Auslöschung seiner Obertöne genügend stark geblieben ist. Nur insoweit besteht dann ein Unterschied, als man bei dem Vorhandensein eines Obertones die beiden objektiv angegebenen Töne schweben hört, dagegen bei seiner Auslöschung nur den tieferen.

Wie König experimentell gezeigt hat, entsprechen auch diesen Oktaven- usw. Schwebungen objektive Schwankungen in der Intensität der die Töne hervorrufenden Schwingungen, und einfache Überlegungen lehren, wie es dazu unter Umständen kommen muß. Treffen zwei Wellenbewegungen zusammen, von denen die eine nahezu um ein ganzzahliges Vielfaches schneller ist als die andere und deren Amplituden annähernd gleich sind, so muß für jede Schwingung, die der eine Wellenzug mehr hat als der andere, einmal eine vollständige Aufhebung der Bewegung stattfinden; es ergeben sich also die gewöhnlichen Schwebungen, deren Zahl gleich ist der Differenz

[1] R. König, Über den Zusammenklang zweier Töne. Poggendorffs Ann. 157 S. 177; 1876. Quelques expériences d'acoustique, IX u. X; 1882.

der Schwingungszahlen. Sind dagegen die schnelleren Schwingungen an Intensität merklich schwächer als die langsameren, so entstehen Intensitätsschwankungen, deren Anzahl vielmehr mit der Abweichung der Schwingungszahlen von jenem ganzzahligen Verhältnis übereinstimmt. Denn dann bleibt im ganzen die Periodizität der tieferen Schwingungen gewahrt, und die schwächeren höheren bringen an ihnen nur Amplitudenschwankungen hervor, soweit das Verhältnis der Schwingungszahlen beider Bewegungen von einer ganzen Zahl abweicht. Erklingt beispielsweise ein stärkerer Ton von 200 Schwingungen zugleich mit einem schwächeren von 400, so kommen auf jede Schwingung des ersten genau zwei Schwingungen des anderen, und diese Bewegungen vereinigen sich an den Luftteilchen zu 200 resultierenden Oszillationen von stets gleicher Form und Amplitude. Haben dagegen die beiden Töne 200 und 401 Schwingungen, so treffen die schnelleren Wellen sukzessive mit etwas früheren Phasen der langsameren zusammen: sie überholen diese im Verlauf einer Sekunde um eine halbe Wellenlänge des tieferen Tones. Die resultierenden Schwingungen, deren Zahl wie vorhin 200 beträgt, verändern sich infolgedessen allmählich und kehren nur periodisch in der gleichen Form und Amplitude wieder. In irgend einem Moment z. B. müssen die beiden Impulse gerade so günstig an den Luftteilchen zusammentreffen, daß sie sie besonders weit von der Gleichgewichtslage nach einer Richtung hin treiben. Dafür wirken sie dann in dem eine halbe Sekunde späteren Moment direkt gegeneinander und bedingen eine besonders geringe Exkursion nach jener Richtung. Da der Übergang von dem einen zum anderen Extrem allmählich geschieht, so entsteht in jeder Sekunde eine einmalige Schwankung der resultierenden Oszillationen um ihre Gleichgewichtslage, ganz ähnlich wie eine einmalige Schwebung bei verstimmtem Einklang. Bei einem Schwingungszahlverhältnis 200:399 ist der Effekt derselbe wegen des allmählichen Zurückbleibens der schnelleren Wellen; bei 200:402 oder 200:398 wiederholt sich die Schwankung zweimal in der Sekunde usf. Fig. 32 veranschaulicht die Verhältnisse für den Fall, wo der höhere Ton annähernd dreimal soviele Schwingungen macht als der tiefere.

Natürlich darf die Anzahl der Schwebungen in der Zeiteinheit ein gewisses Maximum nicht überschreiten, wenn sie noch bemerkbar bleiben sollen. Es fragt sich, wie groß diese Zahl ist, wieviele Schwebungen in der Sekunde also noch wahrgenommen werden können. In dieser Hinsicht gilt, je nach Umständen, Verschiedenes. Zunächst ist die Zahl in mittleren und höheren Tonlagen beträchtlich größer als in tieferen. Die Gründe hierfür werden diese sein. Die tiefen Töne machen relativ wenige Schwingungen in der Sekunde. Nun muß eine

gewisse Minimalzahl von Schwingungen unmittelbar aufeinander folgen, damit überhaupt ein Toneindruck zustande komme; die übrigbleibenden Möglichkeiten für Unterbrechungen oder starke Abschwächungen sind also viel geringer als bei schneller schwingenden Tönen. Außerdem besitzen die im Ohre mitschwingenden Teilchen bei den tiefen Tönen vermutlich eine viel größere Trägheit, d. h. eine viel größere Fähigkeit des Nachschwingens als bei den hohen, wie man daraus ersehen kann, daß Triller und Läufe im Baß beträchtlich langsamer sein müssen als im Diskant, wenn keine Verwischung eintreten soll. Sie kommen also viel leichter über objektiv vorhandene Stärkeschwankungen hinweg und lassen diese nicht zur Wirkung auf den Nerven gelangen, wenn sie allzuschnell aufeinander folgen.

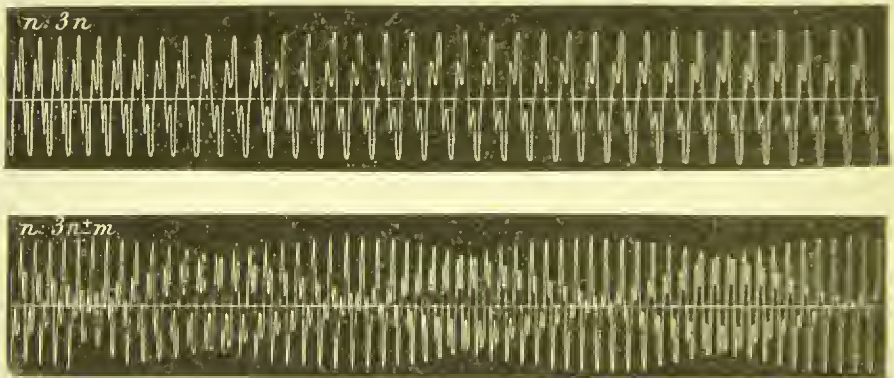


Fig. 32. Zusammensetzung der Schwingungen bei einer reinen und einer verstimmten Duodezime. (Nach Rud. König. Die Aufzeichnung ist von zwei in parallelen Ebenen schwingenden Stimmgabeln gemacht, von denen die eine eine berußte Glasplatte, die andere einen Schreibstift trug.)

Zweitens aber fällt die Zahl der wahrnehmbaren Schwebungen verschieden aus je nach dem, was man unter solcher Wahrnehmung versteht. Bei allmählich zunehmender Schnelligkeit der Aufeinanderfolge werden die Schwebungen, auch wenn sie nicht mehr eigentlich gezählt werden können, doch noch längere Zeit als etwas deutlich Intermittierendes, als ein Rasseln oder Schwirren der Töne empfunden. Die Grenze dieses Eindrucks liegt, je nach der Höhe, etwa bei 30—60 Schwebungen in der Sekunde. Darüber hinaus verschwinden sie indes nicht völlig für die Wahrnehmung. Ohne gerade gesonderte Intermittenzen erkennen zu lassen, verleihen sie doch den von ihnen begleiteten Tönen eine gewisse Rauhigkeit. Schwebungsfreie und schwebende Zusammenklänge unterscheiden sich etwa, wie wenn man mit den Fingern über poliertes und nichtpoliertes, aber doch sehr eben geschliffenes Holz fährt. Für diesen Eindruck ist von Stumpf in der 4- und 5-gestrichenen Oktave die Grenze erst bei etwa 400 Schwebungen gefunden worden.

4. Kombinationstöne.[1] Eine besonders interessante Begleiterscheinung des Zusammenklingens zweier Töne, die zudem in den letzten Jahren die Forschung viel beschäftigt hat, sind die Kombinationstöne. Bringt man einen veränderlichen Ton erst zum Einklang mit einem anderen und geht dann mit ihm allmählich in die Höhe, so entstehen zunächst, wie vorhin erörtert, Schwebungen. Indes wenn deren Zahl etwa 30 in der Sekunde überschreitet, so hört man neben ihnen und neben den Primärtönen noch einen äußerst tiefen brummenden Ton, der mit zunehmender Entfernung der Primärtöne von einander rasch in die Höhe geht, für den aber eine greifbare äußere Tonquelle gar nicht vorhanden ist. Geübte und musikalisch gebildete Beobachter hören solcher Beitöne ohne angebbare objektive Fundierung oft eine ganze Anzahl, teils zugleich, teils indem sie ihnen nacheinander die Aufmerksamkeit zuwenden. Allein die Angaben über die meisten von ihnen weichen noch sehr voneinander ab, und auf diese Verschiedenheiten kann hier nicht eingegangen werden. Allgemein anerkannt und verhältnismäßig leicht wahrzunehmen sind die folgenden beiden.

Bezeichnet man mit t die Schwingungszahl des tieferen, mit h die des höheren Primärtones, so ist die Schwingungszahl des einen Kombinationstones gleich $h-t$, also gleich der Differenz der Schwingungszahlen der primären Töne. Dieser Ton heißt daher *Differenzton*, auch wohl, zum Unterschiede von seinem Genossen, *erster* Differenzton. Dieser andere, *zweiter Differenzton* genannt, hat die Schwingungszahl $2t-h$. Rein rechnerisch könnte man ihn somit als Differenzton von $2t$, dem ersten Oberton des tieferen Primärtons, und h, dem höheren Primärton, auffassen. Allein da er auch zustande kommt, wenn der Oberton $2t$ sicher ausgeschlossen ist, so wird mit dieser Ableitung nicht seine wirkliche Entstehung getroffen, obwohl er natürlich bei Vorhandensein des Obertones durch diesen verstärkt werden muß. Auch eine Auffassung als $t-(h-t)$ wäre an sich möglich, d. h. man könnte den Kombinationston für einen Differenzton höherer Ordnung zwischen dem tieferen Primärton und dem ersten Differenzton halten. Da aber unter Umständen der erste Differenzton neben dem zweiten sehr zurücktritt oder völlig fehlt, so entspricht auch diese Konstruktion

[1] Außer den allgemeinen Darstellungen bei v. Helmholtz, Stumpf, Schaefer (S. 281 Anm.) kommen in Betracht: M. Meyer, Über Kombinationstöne usw. Zeitschr. f. Psychol. **11** S. 177; 1896. Zur Theorie der Differenztöne usw. Ebda **16** S. 1; 1898. Krueger, Beobachtungen an Zweiklängen. Philos. Stud. **16** S. 307 u. 568. Zur Theorie der Kombinationstöne. Ebda **17** S. 185; 1901. — Über objektive Kombinationstöne s. Rücker and Edser, On the Objective Reality of Combination Tones. Philos. Magaz. **39** (5. Ser.) S. 341; 1895.

nicht der Wirklichkeit. Wir haben vielmehr in den beiden Differenztönen zwei gleich ursprüngliche Resultate des Zusammenklingens von Tönen anzuerkennen.

Was die Lage der beiden Töne betrifft, so gehen sie in einem besonderen Falle in einen einzigen zusammen, nämlich bei der Quinte mit dem Schwingungszahlverhältnis 2:3. Mit zunehmender Entfernung von diesem Verhältnis rücken beide mehr und mehr auseinander. Und zwar ist bei engeren Intervallen als der Quinte der erste Differenzton der tiefere, der zweite der höhere, bei weiteren Intervallen umgekehrt. Bei der Terz z. B. (4:5) hat der erste Differenzton die Verhältniszahl 1, der zweite 3, jener liegt also zwei Oktaven, dieser eine Quarte tiefer als der tiefere Primärton. Ähnlich hat bei der Sekunde (8:9) der erste die Verhältniszahl 1, der zweite 7; bei der kleinen Sexte (5:8) dagegen der erste 3, der zweite 2.

Von was für Umständen es abhängt, ob der erste oder der zweite Differenzton deutlicher hervortritt, ist noch nicht völlig sicher bekannt. Doch scheint es, daß bei annähernd gleicher Stärke der Primärtöne oder bei einem mäßigen Überwiegen des höheren von ihnen der erste Differenzton am besten wahrzunehmen ist, bei größerer Stärke des tieferen Primärtons dagegen der zweite. Außerdem ist im allgemeinen bei Intervallen der Primärtöne, die kleiner sind als die Quinte, der erste Differenzton stärker und deutlicher, bei solchen, die größer sind, der zweite. Mit Annäherung der Primärtöne an das Intervall einer Oktave, etwa von der Septime ab, verschwindet der erste Differenzton vollständig. Er kehrt auch nach dem Zeugnis der überwiegend meisten Beobachter bei Erweiterung des Intervalls über die Oktave hinaus (wo er dann zwischen die Primärtöne fallen würde) nicht wieder. Jedenfalls aber sind solche zwischenliegende Differenztöne, auch wenn sie existieren sollten, von äußerster Schwäche und mit den übrigen nicht auf eine Linie zu stellen.

Von sonstigen Eigentümlichkeiten der Differenztöne mag noch erwähnt werden, daß sie bei reingestimmten musikalischen Intervallen merklich stärker sind als bei Abweichungen von der Reinheit. Die Intervalle brauchen nicht gerade vollkommene Konsonanzen zu sein, sie müssen nur objektiv immer noch durch relativ kleine Verhältniszahlen der Schwingungen ausgedrückt werden (wie z. B. kleine Terzen oder Sexten). Ferner sind sie bei mittlerer und höherer Lage der Primärtöne meist deutlicher wahrzunehmen als bei tieferer; vermutlich weil dann die Höhendifferenz zwischen ihnen und den Primärtönen im allgemeinen größer ist. Erst bei sehr großer Höhe der Primärtöne, mit Annäherung an die obere Hörgrenze, nimmt die Deutlichkeit der Differenztöne wieder ab.

Zu anderen objektiven Tönen und ebenso auch zueinander verhalten sich die Differenztöne gerade als ob sie selbst auf objektiven Schallwellen beruhten. Sie schweben also z. B. mit Tönen von mäßig verschiedener Schwingungszahl und geben mit ihnen Zwischentöne; sie schweben ferner, wenn sie zu mehreren vorhanden sind, auch untereinander, und sie erzeugen endlich miteinander neue *Differenztöne höherer Ordnung*. Wenn somit mehrere objektive Töne und namentlich auch obertonreiche Töne zugleich erklingen, so ist die Fülle der für einen geschulten Beobachter überhaupt wahrnehmbaren Tonempfindungen eine ungemein große. Natürlich kommt niemandem davon in einem bestimmten Moment mehr als eine geringe Zahl gesondert zum Bewußtsein. Aber alles theoretisch überhaupt Vorhandene wird irgendwie als wirksam betrachtet werden müssen; es wird je nach seiner Stärke dazu beitragen, ganz wie die nicht analysierten Obertöne, der gesamten Klangmasse einen eigenartigen Charakter zu geben.

Außer den beiden Differenztönen ist in einzelnen Fällen von besonders geübten Beobachtern und immer nur in äußerst geringer Stärke noch ein Ton $h+t$ gehört worden, der seiner Schwingungszahl entsprechend als *Summationston* bezeichnet wird. Indes die Art seines Zustandekommens ist zweifelhaft. Er läßt nämlich rechnerisch verschiedene Ableitungen aus anderen Tönen zu; so z. B. aus dem ersten Oberton des höheren Primärtons und dem ersten Differenzton: $h+t=2h-(h-t)$. Vielleicht ist er also ein sekundäres Erzeugnis. Allein auch wenn er unmittelbar auf dem Zusammenwirken der beiden Primärtöne beruhen sollte, kann er, wie die zwischenliegenden Differenztöne, wegen seiner höchst geringen Stärke den gewöhnlichen Differenztönen nicht an die Seite gesetzt werden.

Die Differenztöne sind seit etwa 160 Jahren bekannt; die ersten Angaben rühren von einem deutschen Organisten Sorge und einem italienischen Geiger Tartini her. (Auf die Summationstöne hat erst Helmholtz aufmerksam gemacht.) Wenn man sie zuerst kennen lernen will, muß man seine Aufmerksamkeit bis zu gewissem Grade von dem Instrument weglenken, durch dessen Töne sie erzeugt werden. Sie klingen wie etwas diffus im Raume Verbreitetes, oft auch wie etwas im Ohr Lokalisiertes; die tieferen sind sehr ähnlich dem Summen eines Insekts. Am Klavier sind sie nur schwer zu Gehör zu bekommen, weil sie zu rasch verklingen, verhältnismäßig gut dagegen an der Geige oder an Pfeifen. Am leichtesten nimmt man sie wahr an veränderlichen Tönen. Bei verhältnismäßig geringen Höhenänderungen der primären Töne legt der Differenzton nämlich meist schon große Wege zurück. Vergrößert man z. B. die Sekunde 800:900 nur um einen Ganzton, bis zur Terz 800:1000, so steigt der erste Differenzton von

100 auf 200 Schwingungen, durchläuft also eine ganze Oktave. Diese rasche Veränderung gibt ihm einen Charakter ähnlich dem Heulen des Windes oder einer Torpedopfeife, woran er leicht zu erkennen ist.

Das besondere Interesse, das sich an die Kombinationstöne heftet, beruht auf ihrem Verhältnis zu den objektiven Vorgängen, darauf nämlich, daß sie als Töne gehört werden, ohne daß die ihnen entsprechenden Schallwellen außerhalb des Ohres nachweisbar sind. Unter gewissen Bedingungen allerdings entstehen Kombinationstöne auch objektiv, an tonerzeugenden Apparaten. Wie Helmholtz nachgewiesen hat, geschieht es in zwei Fällen. Erstens, wenn die beiden primären Töne durch Luftströme erzeugt werden, die beide demselben Windkasten entstammen, wie es z. B. bei verschiedenen Zungen desselben Harmoniums oder verschiedenen Löcherreihen derselben Sirene der Fall ist. Der Luftdruck, der jeden einzelnen Ton hervorbringt, ist dann nicht konstant, sondern oszilliert infolge der periodischen Schwingungen des anderen Tones etwas hin und her. Und daraus ergeben sich, wie hier nicht weiter gezeigt werden kann, objektive Schwingungen von dem Rhythmus sowohl der Summe wie der Differenz der primären Wellen, die auch durch Resonatoren nachgewiesen werden können. Der zweite Fall ist verwirklicht, wenn zwei Pendelschwingungen verschiedener Periode gleichzeitig einem unsymmetrischen elastischen Körper aufgezwungen werden. Von diesem werden dann nicht nur die zugeführten beiden Schwingungen wiedergegeben, sondern sie werden zum Teil verwandelt in zahlreiche andere Schwingungen (allerdings durchweg nur von geringer Stärke), die sich wieder durch Resonatoren als Töne nachweisen lassen: in Obertöne, Differenztöne verschiedener Art und in sehr schwache Summationstöne. Natürlich knüpft sich an diese objektiven Kombinationstöne keinerlei psychologisches, sondern nur ein physikalisches Interesse; sie müssen also bei der Hervorrufung der primären Töne sicher ausgeschlossen bleiben. Das geschieht, wenn man die Primärtöne völlig unabhängig von einander erzeugt, z. B. vermittelst zweier Stimmgabeln, zweier Geigen, zweier Pfeifen, die aus verschiedenen Windladen angeblasen werden. Dann empfängt das Ohr weiter nichts als zwei von verschiedenen Stellen aus unterhaltene Wellenbewegungen. Diese interferieren periodisch miteinander und verstärken und schwächen sich somit in regelmäßiger Abwechslung. Aber eine neue Wellenbewegung von der Periode dieser Maxima und Minima kann dadurch naturgemäß nicht zustande kommen, ganz ebensowenig, wie zwei feine Wellenzüge, die die Oberfläche eines Wassers kräuseln und gleichfalls miteinander interferieren, aus sich heraus größere Wogen hervorbringen können. Demgemäß verraten auch unsere empfind-

lichsten Resonatoren von einem Vorhandensein von Kombinationstönen in solchen Fällen keine Spur. Gleichwohl nimmt das Ohr solche Töne wahr, und für unsere Vorstellungen über die in ihm stattfindende Verarbeitung der äußeren Reize zu nervösen Erregungen ist diese Tatsache natürlich von großer Bedeutung.

Indem der objektive Vorgang bei den Kombinationstönen in nichts anderem besteht als in wechselseitigen periodischen Verstärkungen und Abschwächungen zweier Wellensysteme, die an sich völlig andere Schwingungsperioden haben, ist er ein Vorgang ganz derselben Art wie bei den Schwebungen. Nur daß bei diesen die einzelnen Intensitätsschwankungen langsamer, bei den Kombinationstönen schneller aufeinander folgen. Aber es besteht nicht nur eine allgemeine Ähnlichkeit zwischen beiden Erscheinungen; sie haben auch noch nähere Beziehungen. Die beiden Differenztöne mit den Schwingungszahlen $h-t$ und $2t-h$ entsprechen offenbar vollkommen den beiden Arten von Schwebungen, Primen- und Oktavenschwebungen, die wir oben (S. 322) kennen lernten. Die Anzahl jener ersten ist einfach gleich der Differenz der Schwingungszahlen der schwebenden Töne, also gleich $h-t$, die der anderen gleich der Differenz zwischen den Schwingungen des höheren Tones und der Oktave des tieferen, d. h. $2t-h$. Die als wahrscheinlich bezeichnete Tatsache ferner, daß bei gleicher Stärke der Primärtöne der erste Differenzton deutlicher hervortritt, bei größerer Stärke des tieferen Tones dagegen der zweite, findet sich in gleicher Weise wieder bei den Schwebungen. Die Primenschwebungen entstehen bei annähernd gleicher Stärke der interferierenden Töne, die der verstimmten Oktave bei größerer Stärke des tieferen von ihnen (S. 323)

Vielleicht endlich besteht noch eine weitere Beziehung. Man kann den Eindruck von Schwebungen, wie gleich bei ihrer ersten Erwähnung bemerkt wurde, auch dadurch hervorrufen, daß man einen einzelnen Ton durch irgend eine künstliche Vorrichtung periodisch unterbricht oder abschwächt. Die gleiche Möglichkeit der Erzeugung aber besteht nun auch für die Kombinationstöne. Wenn man die künstlichen Unterbrechungen des objektiv hervorgebrachten Tones schnell genug aufeinander folgen läßt, so hört man außer dem allein durch reale Luftschwingungen gegebenen Ton noch einen zweiten, dessen Schwingungszahl genau übereinstimmt mit der Anzahl der Unterbrechungen, und den man daher als *Unterbrechungston* bezeichnet. Allerdings ist durch die Untersuchungen von Schaefer und Abraham[1] nachgewiesen worden, daß diese Unterbrechungstöne in gewissen Fällen ihres Zustandekommens durch Resonatoren verstärkt werden, also objektiv vorhanden sind. In anderen Fällen, wo eine solche Verstärkung nicht festzustellen ist, können sie als Differenztöne anderer objektiv existierender Töne aufgefaßt werden. Wenn nämlich ein Ton von der Schwingungszahl p in gleichen Intervallen u mal in der Sekunde unterbrochen oder abgeschwächt wird, so entstehen, wie Rechnung und Beobachtung übereinstimmend lehren, zwei neue objektiv nachweisbare Töne mit den Schwingungszahlen $p+u$ und $p-u$, die sogenannten *Variationstöne*. Jeder von diesen aber differiert von dem gegebenen Ton p um die Schwingungszahl u und muß also mit p den Differenzton u liefern, d. h.

[1] Schaefer und Abraham, Studien über Unterbrechungstöne. Pflügers Arch. **83** S. 207; **85** S. 536; **88** S. 475; 1901. Zur Lehre von den sogenannten Unterbrechungstönen. Drudes Ann. d. Physik **13** S. 996; 1904.

eben den Unterbrechungston. Natürlich aber ist damit noch nicht der Beweis erbracht, daß dieser nur auf solche Weise und nicht auch direkt durch die Einwirkung der Unterbrechungen auf das Ohr zustande komme. Eine gewisse Unabhängigkeit der Unterbrechungs- und Variationstöne voneinander scheint sogar dafür zu sprechen, daß es sich so verhält: trotz großer Deutlichkeit der Variationstöne ist nämlich unter Umständen der Unterbrechungston sehr schwach, dagegen bei sehr geringer Deutlichkeit der Variationstöne der Unterbrechungston oft verhältnismäßig stark. Sollte so das Ohr bei der Erzeugung der Unterbrechungstöne mitbeteiligt sein, so wäre die Ähnlichkeit zwischen Schwebungen und Kombinationstönen vollständig. Sowohl die wechselseitigen Interferenzen zweier Töne wie die periodischen Unterbrechungen eines einzelnen würden bei langsamer Aufeinanderfolge als Schwebungen, bei schnellerer als Töne gehört.

Daß man bei alledem beide Erscheinungen, Schwebungen und Kombinationstöne, nicht einfach zusammenwerfen und etwa sagen darf, die Schwebungen gingen bei genügender Schnelligkeit in Kombinationstöne über, wird sich sogleich zeigen. Es folgt ja auch schon aus der oben (S. 325) erwähnten Tatsache, daß schnelle Schwebungen und tiefe Kombinationstöne von derselben Schwingungsfrequenz nebeneinander gehört werden können.

§ 27. Theorie der Gehörsempfindungen.

1. Die Helmholtzsche Theorie. Den ersten und sogleich sehr glücklichen Versuch, die gesamten Elementarerscheinungen des Hörens aus dem Bau und der Funktion des sie vermittelnden Organs begreiflich zu machen, verdanken wir Helmholtz. Er nimmt dabei seinen Ausgang von der besonders charakteristischen Tatsache, daß wir objektiv komplizierte Schwingungen als eine Mehrheit einfacher Teiltöne wahrzunehmen vermögen. Diese Fähigkeit scheint ihm mit Recht darauf hinzuweisen, daß im Ohr mitschwingende Teilchen vorhanden sein müssen, welche durch die pendelförmigen Komponenten der Luftbewegung zu gesonderten Mitschwingungen veranlaßt werden und dadurch auch die Wirkungen jeder Komponente auf besondere Nervenfasern übertragen. Ein zu solcher Vermittlerrolle geeignetes Gebilde findet er in der Basilarmembran der Schnecke. Wie wir oben (S. 289) sahen, besitzt diese schmale, aber langgestreckte und spiralig aufgewundene Membran wesentlich zwei Eigentümlichkeiten: erstens ist sie an der Spitze der Schnecke beträchtlich breiter als an ihrer Basis, und zweitens birgt sie in ihrem Inneren eine außerordentlich große Zahl von radiär ausgespannten und relativ festen Fäserchen. Das Ganze funktioniert dadurch nach Helmholtz ähnlich wie die Saitenbespannung eines Klaviers. Die einzelnen Fäserchen haben infolge ihrer verschiedenen Länge verschiedene Eigenschwingungen; jedes ist abgestimmt auf Pendelschwingungen von einer bestimmten Frequenz. Für diese bildet es daher einen Resonator: wenn sie ihm

zugeführt werden, gerät es in ausgiebige Mitschwingungen. Bei Bewegungen von etwas anderer als seiner Eigenperiode vermag es zwar auch noch mitzuschwingen, aber in rasch abnehmender Stärke mit wachsender Größe des Unterschiedes, und jenseit eines Halbtones etwa wird es überhaupt nicht mehr affiziert. Wirkt also eine irgendwie komplizierte Oszillation auf das Wasser der Vorhofstreppe und dadurch auf die Basilarmembran, so suchen sich deren einzelne Gebiete die für sie in dem Ganzen etwa enthaltenen pendelförmigen Rhythmen gleichsam heraus, und die Membran gerät an verschiedenen, übrigens nicht scharf gegen ihre Umgebung abgegrenzten, Stellen in Schwingungen. Auf der Basilarmembran nun endigen die Nervenfasern. Sie besitzen nach Helmholtz infolge der Verbindung mit verschiedenen zentralen Endstationen verschiedene spezifische Energien, d. h. jede einzelne Faser oder doch jede kleinere Gruppe benachbarter Fasern beantwortet eine sie treffende Reizung stets mit einer einzigen ganz bestimmten Tonempfindung, nur in verschiedener Stärke je nach dem Grade der Erregung. Die vermittelst der Basilarmembran zerlegte objektive Bewegung ruft also weiter für die Seele verschiedene Töne hervor, und es bedarf dann nur noch der nötigen Aufmerksamkeit und Übung, um die vorhandene Mehrheit als solche zu erkennen.

Zur Erklärung der Schwebungen zieht die Theorie die eben erwähnte Eigenschaft der faserförmigen Resonatoren heran, auch auf Bewegungen noch mitzuschwingen, die nicht ganz ihrer Eigenperiode entsprechen. Enthält die Luftbewegung zwei pendelförmige Komponenten von nicht allzugroßer Verschiedenheit der Schwingungszahl, so geraten hierdurch zunächst natürlich jene Fasern der Basilarmembran in Schwingungen, die auf die beiden Rhythmen abgestimmt sind. Außerdem werden aber auch die dazwischenliegenden Fasern von beiden Seiten her mitergriffen. An ihnen setzen sich also die beiden Bewegungen zusammen und interferieren hier auch miteinander. Sie sind mithin die Träger der Schwebungen, während die von jeder Komponente allein erregten Gebilde von den Stärkeschwankungen nicht berührt werden.

Ein ganz anderes Erklärungsprinzip wird dagegen für die den Schwebungen anscheinend so nahe verwandten Kombinationstöne erforderlich. Die Notwendigkeit dazu ist leicht einzusehen. Damit ein Kombinationston gehört werde, muß eine seinen Resonator erregende pendelförmige Komponente der einwirkenden Bewegung vorhanden sein. In dem Außenraum aber existiert eine solche gar nicht. Hier bestehen nur die beiden Oszillationen der primären Töne, die sich periodisch verstärken und schwächen. Sie wirken auf die beiden Fasergruppen von den entsprechenden Eigenschwingungen, aber zu

einer weiteren Wirkung auf andere Resonatoren, wie auf die den Differenztönen und dem Summationston zugeordneten, fehlt jede Veranlassung. Der eigentliche Sitz der Kombinationstöne, d. h. die Stelle, wo die ihnen entsprechenden materiellen Bewegungen zuerst greifbar werden, kann also nach der Konsequenz der Helmholtzschen Voraussetzungen nicht die Basilarmembran sein. Er muß somit wohl in den Mittelgliedern gesucht werden, die sich zwischen sie und die Bewegungen der Außenluft einschieben, und Helmholtz erblickt ihn in dem Schallleitungsapparat, vor allem in dem Trommelfell, daneben auch in den Gehörknöchelchen. Was diese zur objektiven Erzeugung der Kombinationsrhythmen nach ihm befähigt, ist die durch ihre Verbindungs- und Befestigungsweise hervorgebrachte Asymmetrie ihrer Schwingungen. Wie oben (S. 328) schon berührt, hat Helmholtz das Problem solcher Schwingungen mathematisch behandelt und dabei nachgewiesen, daß ein unsymmetrisch schwingender Körper bei Zuführung zweier Rhythmen h und t nicht nur diese beiden einfach wiedergibt, sondern dazu auch noch die Rhythmen $h-t$, $h+t$ und manche andere in sich neu erzeugt. Die objektiven Ursachen der Kombinationstöne sind also nach seiner Theorie zwar noch nicht in den Bewegungen der äußeren Luft, wohl aber in den dem Labyrinthwasser zugeführten enthalten, und natürlich müssen sie nun auch für die Basilarmembran wirksam werden.

Das Zustandekommen der Geräuschempfindungen führt Helmholtz in der letzten Gestaltung seiner Ansichten (im Anschluß an S. Exner u. a.) gleichfalls auf die Schnecke zurück, und, um dies gleich vorwegzunehmen, diese Anschauung wird zur Zeit fast allgemein geteilt. Sie steht in der Tat in bestem Einklang mit allem, was wir physikalisch über die Geräusche und physiologisch über die Funktion der etwa sonst in Betracht kommenden Teile des Ohres wissen. Die Geräusche beruhen objektiv, wie oben (S. 299) auseinandergesetzt, lediglich auf besonders zahlreichen periodischen Erschütterungen der Luft. Sind nun aber einmal die Fasern der Basilarmembran auf das Mitschwingen bei Tonwellen eingerichtet, so können sie sich der gleichen Leistung bei der Zuführung von Geräuschwellen auf keine Weise entziehen; die einwirkende Bewegung wird alle diejenigen von ihnen in Mitleidenschaft ziehen, für die sie eine einigermaßen passende Periodizität enthält. Der Unterschied wird nur darin bestehen, daß durch die Tonreize mehrere schmale Streifen, durch die Geräuschreize dagegen einzelne größere Gebiete der Basilarmembran in Mitbewegung versetzt werden. Der Schneckenapparat reicht also, soweit sich die Sache zur Zeit beurteilen läßt, zur Vermittlung der Geräuschempfindungen vollkommen aus. Wollte man nun aber annehmen,

daß vielleicht doch noch andere Teile des Ohres dabei mitwirkten und zu der ja allerdings nicht recht durchsichtigen Empfindung irgend einen Beitrag lieferten, so würde man in Verlegenheit sein, diese näher zu bezeichnen. Denn die Vorhofssäckchen und Bogengänge dienen nachweislich ganz anderen Funktionen, die erst später Erwähnung finden können, wie sie ja auch durch einen anderen Nerven versorgt werden als die Schnecke.

Mit der soeben ausgesprochenen Anerkennung der Brauchbarkeit der Helmholtzschen Theorie für das Verständnis der Geräuschempfindungen ist bereits ein Übergang zu ihrer Beurteilung gemacht. Der allgemeine Grundgedanke der Theorie, nämlich die Auffassung der Basilarmembran (oder überhaupt des Cortischen Organs) als eines Resonatorenapparates, durch den die pendelförmigen Komponenten der Schallschwingungen räumlich gesondert und in der Längsrichtung der Membran nebeneinander zur Wirksamkeit gebracht werden, erscheint mir durchaus unanfechtbar. Er hat erst neuerdings wieder eine kräftige Stütze erhalten durch die genauere Untersuchung der oben (S. 298) erwähnten Tonlücken und Toninseln. Es dürfte nur schwer möglich sein, sich das isolierte Ausfallen eines begrenzten kleinen Gebietes der Tonreihe oder das isolierte Stehenbleiben eines solchen Gebietes inmitten einer ausgefallenen Umgebung anders verständlich zu machen, als mit Hilfe der Helmholtzschen Vorstellung. Ein Krankheitsprozeß, der in gewisser Stärke das ganze Organ ergriffen hat und dadurch zunächst eine allgemeine Herabsetzung der Hörschärfe bewirkt, wird in jenen Fällen doch nicht überall gleichmäßig fortschreiten, sondern bald da bald dort eine räumlich zusammenhängende Partie stärker zerstören als ihre Nachbarschaft. Daß das die Erscheinung der Lücken und Inseln hervorrufen muß, wenn die verschiedenen Partien der Basilarmembran verschiedene Schwingungen vermitteln, ist klar, auch wenn der pathologische Prozeß selbst seinen Sitz etwa erst in den letzten Ausläufern der Nervenfasern haben sollte. Ist dagegen die ganze Membran einigermaßen gleichmäßig an der Übertragung aller Schallschwingungen beteiligt, und wird also jede Teilschwingung, wenn auch vielleicht nicht allen, so doch außerordentlich vielen Fasern des Schneckennerven zugleich zugeleitet, so erscheint die Sache sehr rätselhaft.

Allein, hat auch der Grundgedanke der Helmholtzschen Theorie sich als ein sehr glücklicher bewährt, so gilt dies doch nicht von allen seinen Ausgestaltungen im einzelnen. Hier haben sich bei näherem Zusehen sowie durch den Fortschritt unserer Kenntnisse verschiedene Schwierigkeiten ergeben, die zu einer Ergänzung oder Umgestaltung der Theorie nötigen.

2. Schwierigkeiten[1] und Abänderungen. Hauptsächlich sind es zwei Punkte, in denen die Helmholtzschen Erklärungen nicht befriedigen. Erstens hinsichtlich der Entstehung der Schwebungen. Diese sollen dadurch zustande kommen, daß bei dem gleichzeitigen Erklingen zweier hinreichend benachbarter Töne die mitschwingenden Gebiete der Basilarmembran nicht mehr ganz getrennt bleiben, sondern teilweise übereinander greifen, und die Bewegungen nun an den mittleren Fasern miteinander interferieren. Aber dann müßte man doch vermöge der spezifischen Energien der diesen Fasern zugeordneten nervösen Elemente außer den gegebenen auch die sämtlichen dazwischen liegenden Töne hören, soweit sie im Ohre gesondert vertreten sind, sämtlich um so stärker schwebend, je näher sie der Mitte der primären Töne liegen. Bei unserer großen Unterschiedsempfindlichkeit für Tonhöhenunterschiede wären das in der eingestrichenen Oktave für das Intervall eines Halbtons einige Dutzend Töne, in den nächsthöheren Oktaven zunehmend mehr. Statt dessen hört man tatsächlich bei geringem Höhenunterschied der primären Töne diese gar nicht und statt ihrer allein den Zwischenton als Träger der Schwebungen. Bei wachsendem Höhenunterschied treten dann die objektiv erzeugten Töne erst schwach daneben auf, werden immer stärker und bleiben schließlich allein übrig, indem sich nun auch die Schwebungen an sie heften. Daß zur Erklärung dieser Tatsachen eine Abänderung der Theorie erforderlich ist, unterliegt keinem Zweifel. So nimmt denn z. B. Stumpf an, für die Empfindung maßgebend sei allein die spezifische Energie der den stärkst erregten Fasern zugehörigen nervösen Elemente, und diese vermöchten dann ihre nächsten Nachbarn in ihre eigene Energie „hineinzuzwingen". Indes mir scheint eine plausiblere Vorstellung möglich.

Die zweite erhebliche Schwierigkeit erwächst der Helmholtzschen Theorie aus den Differenztönen. Die Ableitung dieser Töne aus unsymmetrischen Schwingungen des Trommelfells vermag ihren Eigentümlichkeiten nicht gerecht zu werden. Zunächst fordert die Helmholtzsche Erklärung eine verhältnismäßig große Stärke der primären Töne, weil sonst die Asymmetrie der Schwingungen keinen merklichen Einfluß gewinnen kann. Trotzdem aber können dann nach den Helmholtzschen Formeln, worauf besonders Hermann hingewiesen hat, die entstehenden Differenztöne nur sehr schwach sein; ihre Intensität kann nur kleine Bruchteile von derjenigen der erzeugenden Töne er-

[1] Rud. König, Quelques expériences d'acoustique IX. L. Hermann, Zur Theorie der Kombinationstöne. Pflügers Arch. 49 S. 499. Beiträge zur Lehre von der Klangwahrnehmung. Ebda 56 S. 485. Bentley and Titchener, Ebbinghaus' Explanation of Beats. Amer. Journ. of Psychol. 15 S. 62; 1904.

reichen. Beides stimmt keineswegs zu den Tatsachen. „Große absolute Stärke der Primärtöne,“ sagt Stumpf, „ist zur Entstehung und Wahrnehmung von Differenztönen nicht erforderlich.“ Man hört sie in der Tat noch bei verklingenden Stimmgabeln, bei schwachen Geigen- oder Pfeifentönen oder auch bei verstopften Ohren. Durchweg sind sie freilich schwächer als die Primärtöne, aber doch nicht so, daß man sie nur auf kleine Bruchteile von deren Intensität schätzen würde; unter günstigen Umständen stehen sie an Stärke nicht allzuweit hinter ihnen zurück. Dazu kommt weiter: zwischenliegende Differenztöne sind, wenn sie überhaupt existieren, jedenfalls äußerst schwach. Nach der Helmholtzschen Ableitung ist nicht einzusehen, warum. Ob der Wert der Differenz $h-t$ etwas kleiner oder etwas größer als t ist, macht für den rechnerischen Ausdruck, in dem sie vorkommt, wenig aus. Für die Empfindung aber besteht hier ein bedeutender Unterschied.

Es fragt sich nun, wie hier geholfen werden kann, wie also der richtige Grundgedanke von der Zerlegung der objektiven Schwingungen durch die Basilarmembran mit einer ausreichenden Erklärung der Schwebungen und Differenztöne zu vereinigen ist. Soviel ich sehe, läßt sich allen Forderungen durch einige einfache Abänderungen der Helmholtzschen Theorie gerecht werden, die mir außerdem nicht nur zur Lösung der bestehenden Schwierigkeiten, sondern auch an sich schon erforderlich scheinen.

Zunächst darf man sich die spezifischen Energien der nervösen Elemente nicht so weitgehend gesondert denken, wie es bei Helmholtz geschieht, daß also jeder einzelnen Tonempfindung eine ganz bestimmte Faser oder Zelle des Schneckennerven zugeordnet wäre, die weiter gar nichts vermöchte, als eben diese Empfindung zu vermitteln. Der Gedanke, daß Tausende von nervösen Elementen von Hause aus eine so scharf zugespitzte Eigentümlichkeit besitzen und so fein gegeneinander abgestuft sein sollten, und daß sie nun ferner auch genau in der Reihenfolge ihrer Abstufung in der Schnecke nebeneinander gelagert sein sollten, ist an sich so unfaßlich, daß man ihm nur auf die zwingendsten Gründe hin beistimmen könnte. Jedoch solche besonderen Gründe fehlen; die ganze Vorstellung ist eine durch keine Tatsachen geforderte Zuspitzung des Joh. Müllerschen Prinzips der spezifischen Sinnesenergien. Die Analogie der anderen Sinnesorgane weist durchaus in eine andere Richtung. Die Zellen des Schneckennerven (oder ihre zentralen Annexe) werden allerdings die allgemeine Fähigkeit haben, auf rhythmische Reize hin Tonempfindungen zu vermitteln, aber welche Empfindung in jedem bestimmten Falle entsteht, ist nicht von den spezifischen Eigentüm-

lichkeiten der einzelnen Zellen abhängig zu denken, sondern von dem jedesmaligen Rhythmus des Reizes. Von Hause aus sind die Zellen den Empfindungen gegenüber neutral; jede Zelle würde an und für sich auch jede Tonempfindung vermitteln können, wenn sie in dem betreffenden Rhythmus erregt würde. Daß sie es tatsächlich nicht tut, liegt nicht an dem Mangel der Fähigkeit, sondern daran, daß ihr infolge ihrer Verbindung mit der Basilarmembran überhaupt nur eine relativ beschränkte Anzahl von Rhythmen zugeführt wird. Allerdings kann die Zelle nun diesen ihr überhaupt zugehenden Reizen gegenüber sich auf die Dauer nicht gleichmäßig verhalten. Denn die einen treffen sie häufiger, die anderen seltener, die einen durchschnittlich stärker, die anderen schwächer; und je nachdem wird sich in ihr allmählich für verschiedene Erregungszustände eine verschiedene physiologische Gewöhnung ausbilden müssen. Ganz besonders ist es die Eigenschwingung des ihr direkt zugeordneten Resonators, auf die sie, wenn auch nicht gerade am häufigsten, so doch im ganzen weitaus am stärksten zu reagieren hat. Dieser Rhythmus wird ihr also der überwiegend geläufigste werden; sie wird ihn leichter und stärker mit der sozusagen zu ihm gehörigen Empfindung beantworten als alle übrigen. Indes auch für andere ihr häufiger zugehende Rhythmen wird sie noch einen gewissen Grad der Gewöhnung erlangen; sie wird für die ihnen entsprechenden Tonerregungen immer noch eine stärkere Disposition zeigen als gegenüber den nur selten vorkommenden Rhythmen. Auf welche Weise nun aber eine Nervenzelle, die vielleicht doch nur mit einem einzigen Resonator direkt zusammenhängt, Erregungen von einer anderen als dessen Eigenperiode überhaupt empfangen kann, wird aus dem sogleich und weiterhin Folgenden verständlich werden.

Die zweite Annahme, die ich mache, unterscheidet sich nicht sehr von einer in der Helmholtzschen Theorie bereits enthaltenen. Die Fasern der Basilarmembran sollen nach ihr keine allzugroße Elastizität besitzen und zugleich verhältnismäßig stark gedämpft sein. Sie sind daher imstande, nicht nur auf Pendelschwingungen, die genau ihrem Eigenton entsprechen, sondern auch auf solche von etwas abweichender Frequenz noch mitzuschwingen, und ihre Bewegungen müssen ferner nach dem Aufhören der objektiven Anstöße rasch verklingen. Ist das aber der Fall, dann wird man noch etwas Weiteres voraussetzen dürfen. Die Fasern werden erstens auch auf Schwingungen, die zwar ihrem Eigenton entsprechen, jedoch nicht genau pendelförmig sind, noch in Mitschwingung geraten, wofern nur die Abweichung von der Pendelform nicht sehr erheblich ist. Es wird also eine objektiv aus der Zusammenwirkung von Pendelschwingungen

entstandene Bewegung, die aber selbst noch annähernd pendelförmig ist, auch als Ganzes auf bestimmte Gebiete der Basilarmembran wirken und nicht nur durch Zerlegung in ihre Komponenten. Und wenn zweitens in einer solchen zusammengesetzten Bewegung Maxima und Minima der Schwingungsintensität enthalten sind, die ihren pendelförmigen Komponenten selbst nicht anhaften, sondern erst durch deren Zusammenwirken zustande kommen, dann werden diese Intensitätsschwankungen nicht nur von den Gebieten der Basilarmembran mitgemacht werden, die der Gesamtbewegung folgen, sondern in schwächerem Grade auch von denen, die im Rhythmus der pendelförmigen Komponenten schwingen. Solange ein äußerer Anstoß auf die einer Mitschwingung fähigen Fasern einwirkt, folgen sie; wenn aber dieser Anstoß aufhört oder nachläßt, haben sie in sich nicht genügend starke elastische Kräfte, um über die Momente der nachlassenden objektiven Impulse unbeeinträchtigt hinwegzukommen und ihre Bewegung ungeschwächt fortzusetzen. Ob dabei die Unterbrechung dadurch bedingt ist, daß zwei objektiv dauernd hervorgebrachte Wellenzüge vorübergehend miteinander interferieren, oder dadurch, daß jede Wellenbewegung für sich auf kurze Zeit objektiv unterbrochen wird, vermögen sie nicht zu unterscheiden; zunächst hängt ihr Verhalten ab von dem Vorhandensein oder Nichtvorhandensein eines resultierenden Anstoßes, und die in der objektiven Pause vielleicht enthaltene fortdauernde Bewegung antagonistischer Komponenten vermögen sie nicht getreu wiederzugeben.

Aus der Vereinigung dieser beiden Annahmen ergibt sich nun, um das zunächst abzumachen, die Erklärung der Schwebungen und des Zwischentons. Ich erläutere ihr Zustandekommen an einem Beispiel. Gesetzt, es wirke auf das Ohr eine Wellenbewegung, die sich aus zwei gleichstarken pendelförmigen Tonschwingungen von 300 und 306 Wellen in der Sekunde zusammensetzt. Die resultierende Bewegung ist dann noch sehr annähernd gleichfalls pendelförmig; sie hat die Schwingungszahl des arithmetischen Mittels der Komponenten, nämlich 303; außerdem aber hat sie (wie nochmalige Betrachtung der Fig. 31 lehren wird) sechs Stellen, an denen die beiden Komponenten sich durch Interferenz gegenseitig aufheben und an denen gleichzeitig ein Phasenwechsel stattfindet, d. h. eine halbe Schwingung ausfällt. Innerhalb des Ohres wird durch sie die auf 303 abgestimmte Gegend der Basilarmembran mit ihrer beiderseitigen Nachbarschaft in Mitschwingung geraten, natürlich mit deutlichen Schwankungen entsprechend den sechs Intermittenzen. Die Fasergebiete für 300 und 306 dagegen werden ihre Eigenschwingungen nicht gesondert zur Geltung bringen können, da sie wegen ihrer großen Nähe

von beiden Rhythmen gleichzeitig ergriffen werden und diese sich an ihnen immer wieder zu der Bewegung 303 zusammensetzen. Die Phasenwechsel endlich werden ohne Bedeutung bleiben; denn zwischen je zweien von ihnen liegt immer noch eine viel größere Anzahl von Schwingungen, als zum Erkennen eines Tones erforderlich ist (S. 304). Das Ohr hört also in diesem Falle lediglich einen stark schwebenden Zwischenton. Rücken die Primärtöne weiter auseinander, etwa bis zu den Schwingungszahlen 300 und 320, so wird die resultierende Bewegung die auf 310 mitschwingungsfähigen Gebiete in eine 20 mal intermittierende Mitbewegung versetzen. Die durch 300 und 320 erregbaren Fasern aber sind jetzt genügend getrennt, um ungestört ihre Eigenbewegungen geltend machen zu können; außerdem werden sie auf den resultierenden Rhythmus 310 schon nicht mehr ganz leicht ansprechen; sie entnehmen also einem Teil der einwirkenden Bewegung die darin enthaltenen und für sie besser passenden Rhythmen 300 und 320. Man hört demnach jetzt den schwebenden Zwischenton und daneben in mäßiger Stärke die beiden Primärtöne. Bei noch weiterem Auseinanderrücken dieser beiden endlich, etwa bis zu 300 und 340 Schwingungen, ist die resultierende Bewegung von 320 Schwingungen schon zu sehr von der Pendelform entfernt, um die auf die gleiche Periode abgestimmten Gebiete der Basilarmembran noch merklich zu erregen; auch bildet die große Zahl der Phasenwechsel hierfür ein Hindernis. Die zugeführte Bewegung wirkt also jetzt lediglich durch Zerlegung in ihre Komponenten, wobei zugleich die in ihr enthaltenen 40 Intermittenzen an jeder Komponente in leichten Intensitätsschwankungen nachklingen. D. h. man hört jetzt die beiden objektiv gegebenen Töne, beide mit leichten und schnellen Schwebungen.

Die Schwebungen der verstimmten Oktave, Duodezime usw. hat man wohl durch Heranziehung von Differenztönen erklärt. Die Töne 200 und 396 z. B. sollen zuerst den Differenzton 196 hervorrufen, und dieser dann mit 200 vier Schwebungen geben. Das Mißliche dabei ist, daß der Differenzton bei Annäherung an die Oktave schon etwa in der Gegend der Septime für die Wahrnehmung verschwindet (S. 326), daß man ihm also nicht wohl noch weitere Wirkungen zuschreiben kann, und ferner, daß man bei den weiteren Intervallen gar mehrerer Differenztöne bedarf, die sich direkt nicht nachweisen lassen. Einfacher ist die Erklärung mit Hilfe der oben aufgestellten zweiten Annahme direkt aus der Form der objektiven Bewegung. An dieser entstehen, wie Fig. 32 zeigt, durch die Verstimmung Amplitudenschwankungen, und die auf den tieferen Ton mitschwingenden Teilchen müssen diese trotz der Auflösung der Bewegung in ihre Komponenten bis zu gewissem Grade mitmachen.

Zur Erklärung der Differenztöne füge ich nun, wenn auch mit einer gewissen Reserve, noch eine dritte Annahme hinzu. Jede die Basilarmembran treffende einfache Tonwelle setzt, wie ich vermute, nicht nur die direkt auf sie abgestimmten Fasern in Mitschwingung, sondern bis zu einer gewissen Grenze auch alle diejenigen Fasern, die auf ihre harmonischen Untertöne abgestimmt sind; diese natürlich in Teilschwingungen unter Bildung von Knotenpunkten. Saitenförmige Resonatoren werden sich im Ohre verhalten wie allenthalben in der Welt: sie folgen äußeren Anstößen, wenn sie dazu durch Mitschwingen im ganzen nicht imstande sind, womöglich noch durch Gliederung in Unterabteilungen, wobei deren Schwingungszahlen jedesmal einander gleich und ein ganzzahliges Vielfaches der Grundschwingung sind. Bei Einwirkung eines Tones von 600 Schwingungen z. B. geraten sowohl die Fasern in Bewegung, deren Eigenperiode dem Rhythmus 600 naheliegt, wie auch die im ganzen auf 300, 200, 150, 120 . . . mitschwingenden Fasern, und zwar diese unter Bildung von je 1, 2, 3, 4 . . . Knotenpunkten, sodaß sie alle nichts anderes als die Schwingung 600 ausführen. Je verschiedener die von einer Faser ausgeführten Teilschwingungen von ihrer Grundschwingung sind, je mehr Knotenpunkte die Faser also bilden muß, um dem objektiven Anstoß folgen zu können, desto geringer ist die Intensität des Mitschwingens. Die der Grundschwingung zunächstliegenden Teilschwingungen aber werden immer noch ziemlich ansehnliche Stärkegrade erreichen. Daraus folgt in Verbindung mit dem oben (S. 336) Gesagten, daß sich in jeder Zelle des Schneckennerven im Laufe der Zeit nicht nur eine starke Gewöhnung an die Eigenperiode ihres Resonators ausbilden muß, sondern daneben auch noch eine ziemlich starke Gewöhnung an doppelt so schnelle oder dreimal und mehrmal so schnelle Schwingungen.

Daß ein solches Verhalten der Basilarmembran eigentlich vorauszusetzen sei, ist gelegentlich bereits bei Helmholtz bemerkt. Jedoch seine Anschauung von den spezifischen Energien der einzelnen Nervenelemente verlegte ihm hier sogleich auch wieder den Weg. Da für ihn die Empfindung nur davon abhängt, welche Nervenfasern gereizt werden, nicht aber von dem Rhythmus oder überhaupt der Art der Reizung, so mußte er erwarten, die Teilschwingungen der tiefergestimmten Fasern als harmonische Untertöne zu hören. Hiervon ist allerdings bei der Einwirkung eines einfachen Tones nichts zu bemerken, und so half sich Helmholtz mit der Vermutung, daß durch die Anhangsgebilde der Basilarmembran die Bildung von Knotenpunkten wohl sehr erschwert sei. Man wird sich diese Erschwerung doch nicht als übermäßig groß vorstellen dürfen. Die tiefsten Saiten

der Contra-Oktave des Klaviers tragen eine Belastung etwa von dem Siebenfachen ihres Eigengewichtes. Gleichwohl liefern sie auf den leisesten Anschlag ihres 12., ja ihres 14. Teiltones noch einen vorzüglich deutlichen Nachklang dieses Tones. Auch die tiefergestimmten Partien der Basilarmembran werden also durch ihre Belastung wohl kaum an der Bildung einer, wenn auch vielleicht nur mäßig großen, Anzahl von Knotenpunkten gehindert sein. Daß die von ihnen vollführten Teilschwingungen aber nicht als Untertöne zum Bewußtsein kommen, ist nach Preisgabe der spezifischen Energien der Hörnervenfasern im Helmholtzschen Sinne leicht verständlich. Ist objektiv nur eine einzige und einfache Schwingung vorhanden, so haben auch alle Teilschwingungen denselben Rhythmus. Sie tragen also alle nur bei zur Verstärkung einer und derselben Empfindung.

Es könnte scheinen, als ob einer solchen Ausdehnung des Mitschwingens auf mehrere räumlich getrennte Gebiete der Basilarmembran die oben (S. 298) beschriebene Tatsache der Tonlücken entgegenstünde, die noch soeben als Stütze des allgemeinen Grundgedankens der Helmholtzschen Theorie herangezogen wurde. Sind die auf einen bestimmten objektiven Ton abgestimmten Fasern der Membran (oder die ihnen zugeordneten nervösen Apparate) durch einen pathologischen Prozeß zerstört worden, die tiefer gestimmten Partien aber noch funktionsfähig, so müßte jener Ton, sollte man sagen, immer noch durch deren Vermittlung zur Wahrnehmung gelangen, da sie ja den objektiven Rhythmus, wenn auch in schwächerem Grade, durch Teilschwingungen zu reproduzieren vermögen. Allein hier ist zu bedenken, wie gleich oben schon angedeutet wurde, daß die mit Tonlücken behafteten Ohren allemal im ganzen erkrankt sind und daß sie auch in den Partien der Tonskala, die sie noch wahrzunehmen vermögen, eine stark herabgesetzte Hörschärfe zeigen. Nun ist es eine besonders bei Erkrankungen des Nervensystems sehr bekannte Erscheinung, daß viel geübte und dadurch sehr geläufig gewordene Leistungen des Organismus noch in ziemlicher Vollkommenheit ausgeführt werden können, während minder geläufige und schwierigere Betätigungen nicht etwa nur unvollkommener, sondern gar nicht mehr möglich sind. Ähnlich wird man sich hier denken können, daß Teile des erkrankten Resonatoren- und Nervenapparates, die auf ihre adäquaten Reize noch leidlich reagieren, sich doch den ihnen weniger adäquaten schnelleren Schwingungen unter Umständen schon völlig versagen, und daß es also bisweilen zu einem völligen Ausfall einer Strecke der Tonskala kommen kann.

Unter den entwickelten Voraussetzungen nun wird man sich das Zustandekommen der Differenztöne in folgender Weise denken können. Zwei einfache Töne *a* und *b* mögen zur Einwirkung auf die Basilar-

membran gelangen. Sie versetzen auf ihr zwei Systeme von Fasern in ganze und Teilschwingungen. Die einen sind auf *a*, *a*/2, *a*/3 . . ., die andern auf *b*, *b*/2, *b*/3 . . . Schwingungen abgestimmt; gegenwärtig aber reproduziert das eine System nur den Rhythmus *a*, das andere nur *b*. Die Fasern beider Systeme sind im allgemeinen voneinander verschieden; aber da das Mitschwingen nicht strenge an eine bestimmte Abstimmung gebunden, sondern innerhalb einer gewissen Breite möglich ist, so werden durchweg einzelne Untertöne von *a* und *b* nahe genug aneinanderfallen, um dasselbe Gebiet der Basilarmembran zugleich zu erregen. Die betreffenden Fasern werden dann beide Rhythmen gleichzeitig reproduzieren, wie es ja auch bei Klaviersaiten stattfindet; natürlich aber können die zugeordneten Nervenzellen nur auf einen reagieren, und vermutlich wird der ihnen geläufigere in der Regel obsiegen. Aber in zahlreichen Fällen dieser Art (nämlich bei bestimmten Beziehungen zwischen den Tönen *a* und *b* und dem Eigenton des von ihnen zugleich erregten Gebietes) scheint mir statt jener Reproduktion der gegebenen Töne vielmehr etwas ganz Neues entstehen zu müssen: eben ein Differenzton. Die Fasern der Basilarmembran tragen eine starke aber einseitige Belastung; vermutlich vollführen sie also unsymmetrische Schwingungen um ihre Gleichgewichtslage. Dann aber finden auf sie die von Helmholtz aus der Asymmetrie des Trommelfells gezogenen Folgerungen Anwendung: wenn denselben Fasern gleichzeitig mehrere pendelförmige Tonwellen zugeführt werden, so antworten sie außer mit den primären Tönen auch mit verschiedenen Differenztönen. Diese Töne sind, wie wir sahen, im allgemeinen nur schwach, und das bildete einen Gegengrund gegen die Zurückführung der von uns wahrgenommenen Differenztöne auf das Trommelfell. Aber in einem Falle sind sie nach den Helmholtzschen Formeln nicht schwach, wenn nämlich der Differenzton ganz oder nahezu übereinstimmt mit dem Eigenton des sie erzeugenden Resonators. Und dieser Fall, der für das Trommelfell nur verhältnismäßig geringe Bedeutung besitzt, kann nun an den auf alle möglichen Töne abgestimmten Fasern der Basilarmembran für alle beliebigen Differenzen von Schwingungszahlen verwirklicht werden. Die unter Umständen beträchtliche Stärke der Differenztöne wird also bei ihrer Entstehung an den Untertonfasern der Basilarmembran wohl begreiflich.

Vielleicht aber spielt bei der Vermittlung der Differenztöne für die bewußte Wahrnehmung, auch unabhängig von ihrer objektiven Erzeugung an der Basilarmembran, noch ein zweites Moment eine Rolle. Die objektiv gegebenen Tonwellen *a* und *b* werden im allgemeinen miteinander interferieren, d. h. die Amplituden ihrer Einzel-

schwingungen und damit ihre Intensitäten werden sich periodisch verstärken und schwächen. Je nach den Stärke- und Höheverhältnissen der beiden Töne sind, wie früher auseinandergesetzt, diese Schwankungen sehr verschieden; unter gewissen Umständen haben sie den Rhythmus $h-t$, unter anderen den Rhythmus $2t-h$ usw. Vermöge der für sie angenommenen nur mäßig großen Elastizität müssen die mitschwingenden Teilchen der Basilarmembran diese Schwankungen einigermaßen mitmachen.[1] Nun erregen die durch einen höheren Ton in Teilschwingungen geratenden Untertonfasern die zugehörigen Nervenzellen in einem Rhythmus, der für die ihnen überwiegend gewohnte Erregung viel zu schnell ist. Sie werden daher zwar mit der so schnellen Schwingungen nun einmal entsprechenden Tonempfindung reagieren, aber im ganzen doch nur schwach. Interferieren aber zwei verschiedene Schwingungen an denselben Fasern in der Periode ihres Eigentones, so empfangen die zugehörigen Zellen gerade in einem solchen Rhythmus abwechselnd stärkere und schwächere Erregungen, wie er sonst von ihrem Resonator her in relativ großer Stärke auf sie einzuwirken pflegte und ihnen also besonders gut vertraut ist. Man wird vermuten dürfen, daß sie darauf nun auch mit dem jenem Rhythmus entsprechenden und ihnen besonders geläufigen Erregungszustand antworten müssen, daß die schnellen Schwingungen je einer Schwankungsperiode gewissermaßen wie ein durch Summation entstehender Einzelreiz (S. 113) auf sie wirken. der durch sein periodisches Kommen und Gehen die in ihnen bestehende starke Disposition ganz ebenso zur Betätigung bringt, wie sonst eine objektive Schwingung von derselben Periode. Das gibt dann eben für das Bewußtsein die Empfindung eines Differenztones.

Das Fehlen oder doch die sehr geringe Stärke der zwischenliegenden Differenztöne und der Summationstöne ist nach der entwickelten Theorie leicht begreiflich. Gemeinsame Untertonfasern zwischen den primär erregten Gebieten oder gar oberhalb beider gibt es nicht. Die unterhalb liegenden gemeinsamen Untertonfasern aber nebst den zugehörigen Nervenzellen dienen stets der Vermittlung des ihrer gewohnten Tätigkeit viel näher liegenden ersten oder zweiten Differenztones und sind also für jene anderen Töne nicht verfügbar. Für sie mag vielleicht eine Entstehung durch das Trommelfell in Frage kommen.

Um noch eine Vorstellung davon zu geben, wie dieselben objektiven Töne bei verschiedenen Stärkeverhältnissen auch verschiedene Differenztöne liefern

[1] Auch an den Untertonfasern entstehen also Schwebungen der gegebenen Töne, und möglicherweise hängt die bei sehr großer Entfernung höherer Töne noch zu beobachtende Rauhigkeit des Zusammenklanges hiermit zusammen.

können, diene Fig. 33. Sie veranschaulicht die Gestalt der resultierenden Welle beim Zusammenklingen der Töne 5 und 8 (kleine Sext), in *A*, wenn beide gleiche Amplituden haben, in *B*, wenn die Amplitude von 8 nur $^1/_3$ derjenigen von 5 beträgt. Betrachten wir die Figuren nur nach einer Seite von der Gleichgewichtslage (nach der anderen ist alles vollkommen symmetrisch), so sehen wir im Falle *A* 8 Wellen, die sich im allgemeinen den Schwingungen des Tones 8 anschließen, nur daß sie, wegen der Interferenz mit 5, an drei Stellen (*b*, *d*, *g*) relative Minima haben (d. h. sich weniger weit von der Gleichgewichtslage entfernen als bei den unmittelbar benachbarten Wellen) und an drei anderen (*c*, *f*, *h*) relative Maxima. Zu den gemeinsamen Untertönen von 8 und 5 gehören 1 und näherungsweise 1,6. Die hierauf abgestimmten Fasern reproduzieren also in Teilschwingungen die dargestellte Bewegung mit jenen 3 starken Intensitäts-

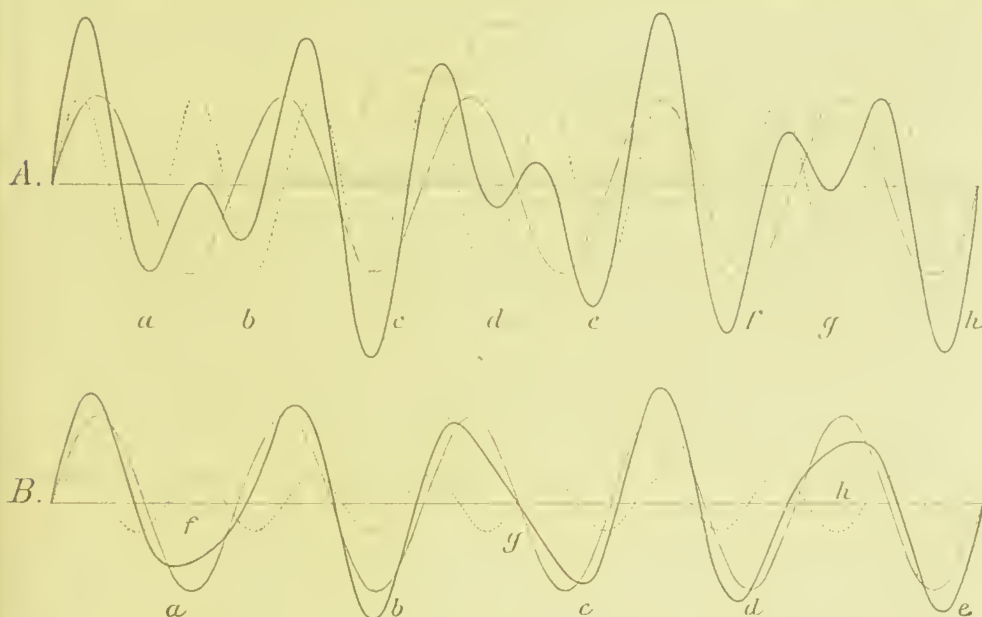


Fig. 33. Zusammensetzung der Pendelschwingungen 5 und 8 bei verschiedenen Intensitätsverhältnissen.

schwankungen. Die Schwingungsdifferenz 3 aber stimmt überein mit einem Eigenton von 1 und näherungsweise von 1,6; ebenso ist der Rhythmus 3 den Gewöhnungen der in Betracht kommenden nervösen Elemente noch hinreichend vertraut. Aus objektiven und subjektiven Gründen sozusagen hören wir also 3 als Ton. Anders bei erheblich verschiedenen Stärkeverhältnissen der Primärtöne. Wie in Fig. 33 *B* dargestellt, resultieren aus der Tonverbindung $5 + {}^1/_3 8$ fünf Wellen, die sich im allgemeinen den Schwingungen des Tones 5 anschließen, aber an zwei Stellen (*a*, *c*) ein relatives Minimum haben und an zwei anderen (*b*, *e*) ein relatives Maximum. Der Ton 8 wirkt nämlich infolge seiner geringen Intensität auf 5 gewissermaßen als stark verstimmte Oktave (S. 323) und bringt dadurch die Amplitudenschwankungen $2 \times 5 - 8 = 2$ hervor. Von gemeinsamen Untertonfasern, die diese Intensitätsschwankungen in einen genügend starken Ton verwandeln können und deren Nervenzellen zugleich einen solchen Rhythmus häufiger zugeführt erhalten, kommen zunächst die der Gegend 1 in Betracht, und vermutlich durch ihre Vermittlung hören wir unter den angegebenen Bedingungen einen Differenzton von der Schwingungszahl 2.

Auch für die Entstehung von Differenztönen zweiter Ordnung (S. 327) möge ein Beispiel gegeben werden. Nach M. Meyer (Zeitschr. f. Psychol. 16 S. 18) hört man bei drei Tönen von den Schwingungszahlverhältnissen 107, 100 und 6 außer dem Differenzton 7 auch noch den auf der Differenz 7—6 beruhenden Ton 1. Dieser ist so zu erklären. Der Ton 6 versetzt u. a. die auf seinen sechsten Unterton 1 abgestimmten Teilchen in Mitschwingungen. An der Welle dieses Tones aber entstehen durch das Vorhandensein der Töne 107 und 100 Amplitudenschwankungen. Für sich allein würden 107 und 100 eine Luftbewegung mit 7 Stellen größter und 7 Stellen kleinster Entfernung der Wellengipfel von der Gleichgewichtslage hervorbringen. Im Verein mit 6 aber resultiert daraus eine Bewegung, bei der einmal eine Stelle größter und einmal eine Stelle kleinster Wellenberge des Systems 107/100 mit einem Wellenberg von 6 zusammentrifft, d. h. es resultiert für 6 eine einmalige Amplitudenschwankung in jeder Schwingungsperiode. Diese wird nun von den durch 6 miterregten Teilchen 1 als Ton zu Gehör gebracht.

Die dargelegte Theorie der Differenztöne hat nun endlich noch einen weiteren Vorteil: sie ermöglicht ein gewisses Verständnis für die oben (S. 318) erwähnte Verschmelzung von Tönen, d. h. für das eigentümliche Zusammengehen mancher Zweiklänge zu einem einheitlichen Ganzen vorwiegend von dem Charakter des tieferen Tones. Erstreckt sich nämlich die materielle Erregung bei der Empfindung eines bestimmten Tones über eine Mehrheit von Untertonfasern, so muß bei dem Zusammenklingen zweier Töne mit gemeinsamen Untertönen der höhere von ihnen notwendig in seiner Stärke geschädigt werden, und zwar um so mehr, je zahlreicher solche Untertöne sind und je näher sie den Primärtönen selbst liegen.

Gesetzt, ein Ton erklinge zugleich mit seiner höheren Oktave. Dann sind die sämtlichen ungeradzahligen Untertöne des höheren Tones, gleich vom ersten anfangend, identisch mit dem tieferen Ton und seinen Untertönen. Die entsprechend abgestimmten Fasern werden also gleichzeitig von beiden Rhythmen in Anspruch genommen; da für die zugehörigen Nervenzellen aber der langsamere Rhythmus der geläufigere ist, reagieren sie allein auf diesen und nicht auf den schnelleren. Dem höheren Ton geht somit durch das Zusammenklingen mit seiner tieferen Oktave etwa die Hälfte der ihn vermittelnden nervösen Erregung verloren; er wird also erheblich abgeschwächt und tritt damit aus der Gesamtempfindung weniger deutlich hervor, als es bei einem anderen Tone der Fall sein würde. Der tatsächliche Zweiklang muß demnach leicht nur für einen einzelnen Ton gehalten werden, nämlich eben für die tiefere Oktave, die ja aus dem beschriebenen Vorgang keine Einbuße erleidet.

Die oben angegebenen Verschiedenheiten in der Stärke der Verschmelzung stimmen mit dieser Erklärung recht befriedigend überein. Bei der am stärksten verschmelzenden Oktave ist, wie eben gesagt,

die volle Hälfte der Untertöne des höheren Tones mit denen des tieferen identisch. Bei den zunächst folgenden Intervallen Duodezime und Quinte (1:3 und 2:3) kehrt, vom 2. anfangend, jeder 3. Unterton des höheren Tones bei dem tieferen wieder; der höhere Ton verliert also im Zusammenklang fast $^1/_3$ der von seinen Untertönen herrührenden nervösen Erregung. Für die danach folgende Quart beträgt diese Zahl $^1/_4$. Bei den Terzen und Sexten liegt teilweise, z. B. bei der kleinen Sext (5:8), der erste gemeinsame Unterton schon ziemlich weit von dem höheren Primärton entfernt. Dafür aber stimmen näherliegende Untertöne jetzt wenigstens annähernd überein (bei der kleinen Sext z. B. der 4. und 5. des höheren Tones mit dem 2. und 3. des tieferen), und bei der mehrfach betonten Ausdehnung des Mitschwingens über ein Gebiet von einer gewissen Breite muß offenbar auch das schon zu einer Verminderung der den höheren Ton hervorrufenden nervösen Erregung führen. So wird endlich auch die auffallende, verhältnismäßig große Einheitlichkeit der übermäßigen Quart verständlich. Bei ihrem Schwingungszahlverhältnis 32:45 liegen die ersten genau identischen Untertöne sehr weit ab. Allein eine ganze Anzahl naheliegender Untertöne stimmen dafür mehr oder weniger annähernd miteinander überein. Der 6. Unterton des höheren Tones z. B. differiert nur um $^1/_{220}$ seiner Schwingungsfrequenz von dem 4. des tieferen; bei dem 3. Unterton beträgt der entsprechende Unterschied nur $^1/_{20}$, bei dem 2. und 5. $^1/_{16}$ der jedesmaligen Schwingungsfrequenz.

Ob die Erscheinung der Verschmelzung allein auf diesen rein peripheren Ursachen beruht oder ob dabei noch anderes mitspielt, bleibe hier dahingestellt. Jedenfalls zeigt sie eine Besonderheit, die deutlich auf eine erhebliche Bedeutung der Vorgänge im Ohre für ihr Zustandekommen hinweist und die mit höheren seelischen Prozessen, an die man zu ihrer Erklärung gedacht hat, nichts zu tun haben kann. Sie wird nämlich auffallend geringer, wenn die beim gewöhnlichen Hören verschmelzenden Töne je einem Ohre getrennt zugeleitet werden. Allerdings muß man dazu möglichst schwache und namentlich auch nicht höhere Töne nehmen, weil sonst eine Beschränkung jedes Tones auf ein Ohr gar nicht möglich ist. Aber bei Beachtung dieser Bedingung ist die Verringerung der Einheitlichkeit sehr auffallend. Hält man z. B. vor das eine Ohr den Resonanzkasten einer schwach angeschlagenen Stimmgabel von 500 oder 600 Schwingungen und bringt dann, ohne ihre Stellung zum Ohre irgendwie zu ändern, dicht neben sie eine möglichst gleich schwach erklingende andere Gabel von 400 Schwingungen, so wird es sehr schwer, den höheren Ton noch gesondert zu erkennen; er geht fast ganz unter in dem tieferen.

Bringt man aber jetzt die tiefere Gabel vor das andere Ohr, so hört man beide Töne vollkommen klar und deutlich nebeneinander.

In neuerer Zeit sind mehrfach ganz andersartige Erklärungen der Erscheinungen des Hörens versucht worden, nämlich unter völligem Aufgeben des Prinzips des Mitschwingens. Ich erwähne die beiden wichtigsten von ihnen, die Theorien von Meyer und Ewald.[1] Meyer hält die Fasern der Basilarmembran für viel zu winzige Gebilde, als daß sie Eigenschwingungen von der geringen Frequenz der für uns hörbaren tieferen Töne haben könnten. Nach seiner Annahme vermag die Membran nur rein passiv dem Druck des Steigbügels und Vorhofswassers nachzugeben, ähnlich wie ja auch das Trommelfell lediglich passiv den Schwankungen des Luftdrucks folgt. Dabei wird sie jedoch nicht jedesmal in ganzer Länge in Mitleidenschaft gezogen, sondern wegen der zu überwindenden Widerstände nur eine verschieden große Strecke weit, je nach der Intensität der äußeren Einwirkungen. Bei schwachen objektiven Schwingungen buchten sich nur die am Anfang der Schnecke gelegenen Partien gegen die Paukentreppe hin aus; bei stärkeren erstreckt sich die Wirkung weiter gegen die Schneckenmitte hin, und erst bei äußerst starken Tönen muß die ganze Membran nachgeben, um für die verdrängte Flüssigkeitsmenge Raum zu schaffen. Enthält nun die objektive Welle Schwingungen verschiedener Intensität (wie z. B. in Fig. 33 *A* veranschaulicht wird), so ist gleichzeitig Verschiedenes der Fall. Die an der Schneckenbasis liegenden Membranteile vollführen alle überhaupt vorhandenen Oszillationen (hier 8); die nächstgelegenen werden von den schwächsten Impulsen nicht mehr mitergriffen und machen also weniger Schwingungen (hier 5), und die am weitesten nach der Spitze liegenden Teile folgen nur noch den allerausgiebigsten Anstößen. Es findet also auch eine Art Zerlegung der Wellen statt, und durch Vermittelung der auf der Basilarmembran endigenden Nervenfasern hört man gleichzeitig mehrere Töne. Für die Stärke der einzelnen ist dabei die Länge des in einem bestimmten Rhythmus schwingenden Membranabschnittes maßgebend, weil je nach dieser Länge auch die Zahl der erregten Nervenendigungen größer oder kleiner ist.

Die Theorie ist zunächst zur Erklärung der Differenztöne erdacht worden und vermag diesen daher in vielen Fällen gerecht zu werden. Aber auf andere wichtige Tatsachen des Hörens nimmt sie dabei viel zu wenig Rücksicht. Der Ausfall oder die Verminderung der Hörfähigkeit für einzelne Strecken der Tonskala ist nach ihr vollkommen unverständlich, da die Vermittelung der einzelnen Töne ja nicht an bestimmte Stellen der Basilarmembran gebunden ist. Statt dessen müßte eine andere pathologische Erscheinung möglich sein, die als große Merkwürdigkeit sich kaum der Feststellung bisher hätte entziehen können. Daß partielle Zerstörungen der Schnecke gelegentlich vorkommen, ist bekannt. Angenommen nun, die Basilarmembran (oder ihr nervöser Apparat) sei an der Schneckenspitze auf eine größere Strecke zerstört, an der Schneckenbasis aber noch funktionsfähig. Dann müßten tiefe Töne von mäßiger Stärke, ebenso wie alle anderen, noch wahrgenommen werden können; wenn sie aber beträchtlich verstärkt und gleichzeitig von starken hohen Tönen begleitet würden, müßten sie verschwinden. Aber der Hauptmangel der Theorie besteht darin, daß nach

[1] M. Meyer, Zur Theorie der Differenztöne und der Gehörsempfindungen überhaupt. Zeitschr. für Psychol. **16** S. 1; 1898. Dazu **17** S. 1. R. Ewald, Eine neue Hörtheorie; 1899. Auch Pflügers Arch. **76** S. 147. Die Erzeugung von Schallbildern in der Camera acustica. Ebda **93** S. 485; 1903.

ihr unter Umständen Töne verschwinden oder beinahe verschwinden, die sehr wohl zu hören sind, während umgekehrt andere hörbar sein müßten, die nicht wahrgenommen werden können. Hier nur ein Beispiel für den ersten Fall. Erklingen zwei Töne im Intervall einer kleinen Sexte (5:8), und zwar der obere verhältnismäßig schwach, der untere verhältnismäßig stark, so vermag man unzweifelhaft beide zu hören. Man betrachte nun noch einmal Fig. 33 *B*, die die Gestalt der resultierenden Welle für einen solchen Zweiklang veranschaulicht. Von einer Periodizität 8 zeigt sie keine Spur. Woher also die schwache Wahrnehmung des Tones 8, wenn Druckschwankungen von dieser Häufigkeit der Basilarmembran gar nicht zugeführt werden? Falls hier nicht Teilchen vorhanden sind, die vermöge ihrer Eigenschwingungen und vermöge der eigentümlichen Form des fünfteiligen Rhythmus aus ihm auch jene andere Periodizität zu entnehmen vermögen, wird die alltägliche Tatsache ein völliges Rätsel. Und so in zahlreichen anderen Fällen. Was die winzigen Dimensionen dieser Teilchen betrifft, so sind sie es eben nicht allein, die über die Periode der Eigenschwingungen entscheiden; es kommt u. a. noch auf ihre Belastung und namentlich auf den Widerstand des umgebenden Mediums an. Soweit wir aber orientiert sind, wirken diese Momente bei der besonders an der Schneckenspitze äußerst feinen Basilarmembran im Sinne einer enormen Verlangsamung der Eigenbewegungen.

Die Ewaldsche Theorie beruht auf einem interessanten Versuch. Ewald spannte dünne und schmale Gummimembranen auf einen Holzrahmen und führte ihnen auf geeignete Weise sowohl in Luft wie unter Wasser die Schwingungen einer Stimmgabel zu. Dann beobachtete er eigentümliche *Schallbilder*, hervorgebracht durch die Bildung stehender Wellen auf den Membranen und bestehend in einem System von Streifen in der Querrichtung der Membran mit überall gleichen Abständen. Bei höheren Tönen rückten die Wellen näher aneinander, und zwar waren ihre Abstände merklich genau umgekehrt proportional den Schwingungszahlen. Bei gleichzeitiger Erregung einer Membran durch zwei Stimmgabeln im Verhältnis einer Oktave oder Quinte lagerten sich die beiden Schallbilder ohne Störung neben- oder übereinander. In ähnlicher Weise, nimmt Ewald nun an, geschieht die Einwirkung der Tonschwingungen auf die Basilarmembran. Jedem Ton entspricht ein charakteristisches Schallbild von querlaufenden Wellenbäuchen und Knotenlinien die ganze Länge der Membran entlang. Jeder bewirkt also eine Erregung sehr zahlreicher Nervenfasern, und nichts hindert, daß dieselben Fasern an ganz verschiedenen Tonerregungen beteiligt sind. Aber indem nun immer eine Gruppe von Fasern, deren Lage dem Schallbilde eines Tones entspricht, in den nervösen Zentralteilen zu einer Einheit zusammengefaßt wird, verbindet sich mit jedem bestimmten Schallbild auch eine bestimmte einheitliche Tonempfindung. Die Lücken des Tonreichs erklären sich dadurch, daß Membranen mit kleinen Unregelmäßigkeiten bisweilen auf gewisse Schwingungszahlen versagen, während sie bei tieferen sowohl wie höheren Tönen mit Leichtigkeit ansprechen.

Das Hauptbedenken gegen die Ewaldsche Theorie scheint mir in der Schwierigkeit zu liegen, von ihr aus ein volles Verständnis für die akustische Grundtatsache der Klanganalyse zu gewinnen. Man denke sich, zwei Töne von nicht zu einfachen Verhältnissen der Schwingungszahlen, z. B. 8 und 13, wirken gleichzeitig auf das Ohr. Dann bleibt die Basilarmembran an den verhältnismäßig wenig zahlreichen Stellen, wo die stehenden Wellen beider Töne gemeinsame Knotenlinien haben, in Ruhe; im übrigen gerät sie in ihrer ganzen Länge in Bewegung. Die überwiegend meisten Knotenlinien des einen Schallbildes

werden in Schwingungen versetzt durch die Wellenbäuche des anderen und umgekehrt. Nun mögen immerhin die jedem einzelnen Schallbilde entsprechenden Nervenfasern in den Zentralorganen zu einer Einheit zusammengefaßt sein. Sie werden jetzt weder für sich allein in Erregung versetzt, noch auch in der für jeden Einzelton charakteristischen Verteilung der Intensitäten, sondern in Gemeinschaft mit vielen anderen Fasern in der immerhin schon etwas verwickelten Weise, die der aus 8 und 13 resultierenden Bewegung entspricht. Woher wissen sie nun oder woher die Zentralorgane, daß diese Bewegung gerade sie, die Gruppe 8 und die Gruppe 13, und nur sie angeht? Mit einer Klanganalyse durch bloße Nebeneinanderlagerung der den verschiedenen Schallbildern entsprechenden Teile ist hier nicht auszukommen. Die Schallbilder lagern sich notwendig übereinander, und so muß auch notwendig an jeder Stelle der Basilarmembran eine analysierende Vorrichtung vorhanden gedacht werden, die sie aus den resultierenden Bewegungen wieder herauslöst, wie es eben den Grundgedanken der Helmholtzschen Theorie ausmacht.

C. Die Hautempfindungen, Bewegungs- u. Lageempfindungen.

Die mannigfachen hier genannten Empfindungen haben ein Zwiefaches gemeinsam. Erstens bilden sie im wesentlichen den Inhalt des früher und von der populären Psychologie auch heute noch gezählten fünften Sinnes, des sog. Gefühlssinnes, oder kommen doch mit den dahingehörigen Empfindungen stets besonders innig verbunden vor. Zweitens beruht in der Hauptsache auf ihnen und ihrer weiteren seelischen Verarbeitung das Bewußtsein unseres Körpers als einer von den übrigen Dingen der Welt unterschiedenen Realität und das Bewußtsein seiner jeweiligen Orientierung. Daher sind sie hier zu einer besonderen Gruppe zusammengefaßt.

§ 28. Die Hautempfindungen.[1] Allgemeines.

Die Haut, die unseren ganzen Körper umschließt, teilweise auch ihre innere Fortsetzung, die Schleimhaut, die seine nach der Außenwelt sich öffnenden Hohlräume auskleidet, ist u. a. ein großes Sinnesorgan. Die bei weitem größte Masse aller der Nervenfasern endigt in ihr, die von den Zellen der spinalen Ganglien und der Trigeminusganglien des Kopfes nach der Peripherie hin verlaufen.

Allerdings besteht zwischen diesem Sinnesorgan und den durch seine Reizung hervorgerufenen Empfindungen ein etwas anderes Ver-

[1] Gesamtdarstellungen: v. Frey, Das Sinnesgebiet der Haut. Vorles. über Physiol. S. 308; 1904. Thunberg, Die Druck-, Temperatur- und Schmerzempfindungen; Nagels Handb. der Physiol. 3, 2; 1905.

hältnis als anderswo. Im Auge z. B. und der Schnecke des Ohres haben wir Apparate, die in allen ihren Teilen der Vermittelung einer einzigen, gut isolierbaren Klasse von Empfindungen dienstbar sind, und diese Empfindungen können andererseits nur durch Vermittelung jener Organe, nicht auch noch von anderen Stellen des Körpers aus, hervorgebracht werden. Diese doppelte Ausschließlichkeit fehlt bei der Haut. Erstens liefert ihre Reizung eine Mehrheit von qualitativ verschiedenartigen Empfindungen, wie z. B. Druck- und Temperaturempfindungen, die sich freilich nicht alle gleich gut voneinander sondern lassen und in der Regel auch durch ein und denselben äußeren Reiz zu mehreren gleichzeitig hervorgerufen werden. Zweitens läßt sich die Gruppe der Hautempfindungen nicht scharf gegen andere abgrenzen. Einzelne ihrer Glieder sind nahe verwandt oder stimmen gar völlig überein mit Empfindungen, die auch durch andere Organe, namentlich durch Organe im Inneren des Körpers, vermittelt werden, wie z. B. die Schmerzempfindung. Beides hängt damit zusammen, daß die Haut das ursprüngliche, wie ja auch bei niederen Tieren das einzige Sinnesorgan ist. Gesichts-, Gehörs-, Geruchs- und Geschmacksorgan haben sich im Laufe der Entwickelung allmählich aus ihr differenziert, und dabei ist dann eine gewisse Mehrheit von sensorischen Funktionen noch in ihr vereinigt geblieben. Wo aber sonst noch centripetal leitende Nerven im Organismus vorhanden sind, da entstammen sie zum guten Teil (nämlich soweit sie nicht dem Sympathicus angehören) denselben Ganglienzellenkolonien wie die Hautsinnesnerven, und daß sie also auch ähnliche Empfindungen auslösen wie diese, ist begreiflich.

Durch diese Verwickelungen wird eine klare Einsicht in das Gebiet der Hautempfindungen sehr erschwert. Zwar hat man längst aufgehört, wie es früher üblich war, ihre ganze Mannigfaltigkeit und dazu noch die Empfindungen der inneren Organe einem einzigen Sinne zuzuweisen, aber über die richtige Auffassung und Abgrenzung der vorhandenen Verschiedenheiten im einzelnen besteht noch keineswegs volle Sicherheit und Übereinstimmung.

1. Die anatomischen Verhältnisse der Haut, soweit sie für ihre Sinnesfunktion in Betracht kommen, sind relativ einfach. Das ganze Organ besteht durchweg aus zwei Schichten. Zu äußerst die Oberhaut oder *Epidermis* (bei der Schleimhaut Epithel genannt), derjenige Teil der Haut, der sich z. B. bei der Blasenbildung von seiner Unterlage abhebt. Darunter die dickere Lederhaut oder *Cutis*, der Hauptbestandteil des Ganzen und, wie der Name sagt, derjenige Teil, der durch das Gerben in Leder verwandelt wird. Die Oberfläche der Cutis ist mit zahlreichen walzen- oder kegelförmigen

Wärzchen besetzt, den *Papillen*, die sich in besonders großer Menge in der Handfläche und an der Fußsohle finden und hier auch ihre größte Länge, nämlich bis zu $^1/_5$ mm, erreichen. Die untersten Lagen beider Hautschichten zeichnen sich wieder durch eine besondere Struktur aus und werden daher auch durch besondere Namen von den oberen Lagen unterschieden. An der Epidermis haben wir so, direkt aufgelagert auf die Papillen der Lederhaut und die Zwischenräume zwischen ihnen ausfüllend, die *Malpighische Schicht*, den Träger der etwaigen Farbstoffe der Haut, an der Cutis das *Unterhautbindegewebe*, dem u. a. die Fettzellen der Haut eingelagert sind. Im ganzen ergeben sich mithin vier verschiedene Schichten der Haut, und in ihnen allen, mit Ausnahme der obersten hornartigen Schicht der Epidermis, finden sich nun die Endigungen der Hautsinnesnerven.

Diese Endigungen zeigen einen doppelten Typus: sie sind entweder frei oder mit verschiedenen Endorganen verbunden. Über die ersten ist verhältnismäßig am wenigsten bekannt; immerhin sind reich verästelte freie Nervenendigungen in der Malpighischen Schicht der Epidermis sicher nachgewiesen. Sie finden sich besonders in der Handfläche und Fußsohle, aber auch an manchen anderen Stellen, und es wird vermutet, daß sie allenthalben vorhanden sind.

Als Endorgane der Hautnerven sind zunächst die in der Haut steckenden Haare zu betrachten. Diese sind nämlich ohne Ausnahme und zwar sehr reichlich mit Nerven versehen. Zahlreiche Fäserchen umspinnen den Haarbalg unterhalb der Mündung der das Haar befettenden Talgdrüsen, und aus diesem Kranze dringen dann die Nervenendigungen unter wiederholter Verästelung bis dicht an das eigentliche Haar vor.

Die übrigen Endapparate sind beim Menschen wesentlich von dreifacher Art, je eine in jeder der drei Schichten, in denen überhaupt Nervenendigungen vorkommen. In der Malpighischen Schicht der Oberhaut und zwar ganz am Boden der sackförmigen Vertiefungen zwischen den Cutispapillen finden sich vielfach, namentlich am Rumpf, rundliche Zellen, *Merkelsche* oder *Tastzellen* genannt. Sie sind von sehr geringen Dimensionen, nicht viel über $^1/_{100}$ mm im Durchmesser, und daher am spätesten von allen diesen Gebilden bekannt geworden. An ihre untere Fläche treten Nervenfädchen und endigen hier mit einer scheiben- oder plattenförmigen Ausbreitung.

Etwa zehnmal größere und dementsprechend kompliziertere Körperchen von spindelförmigem Bau sitzen in den Papillen der Lederhaut, die *Meißnerschen* oder *Tastkörperchen* (Fig. 34). Sie kommen besonders häufig da vor, wo die Haare und die Tastzellen fehlen, nämlich an der Handfläche und Fußsohle, und hier wieder am zahlreichsten an

den Fingerbeeren. An der Spitze des Zeigefingers z. B. sind von ihrem Entdecker in 1 qmm auf etwa 80 Papillen 23 Tastkörperchen gezählt worden, an der ersten Phalange desselben Fingers dagegen auf gleichem Raum nur 3. Über den feineren Bau der Körperchen ist noch keine Übereinstimmung erzielt worden. Inbezug auf ihre Verbindung mit den Nerven weiß man jedoch, daß sie in der Regel je von zwei Nervenfasern versorgt werden, die das Körperchen erst spiralig von außen umwinden und dann unter reichlicher Verästelung in seinem Inneren endigen. (In manchen der Oberhaut unmittelbar benachbarten Schleimhäuten, z. B.



Fig. 34. Papille der Lederhaut mit Tastkörperchen und dessen Nervenfasern. 350/1. (Nach Kölliker.)



Fig. 35. Vatersches Körperchen aus der Haut des Gänseschnabels. (Nach Dogiel.)

in dem roten Lippenrand, der Bindehaut des Auges, den Genitalorganen, finden sich den Tastkörperchen verwandte, aber weniger entwickelt aussehende Gebilde, die *Krauseschen Endkolben.*)

Noch wieder 20mal größer als die Tastkörperchen, nämlich bis 2—3 mm lang und somit schon dem unbewaffneten Auge bequem sichtbar, ist eine dritte Art von Endapparaten, die *Vaterschen* oder *Pacinischen Körperchen* (Fig. 35). Dies sind weißlich durchscheinende Organe von birnförmiger oder eiförmiger Gestalt, die vermittelst einer feinen in sie eintretenden Nervenfaser einem vorüberziehenden Nervenstämmchen ähnlich ansitzen wie Beeren ihrem Stiel. Sie finden sich in der tiefsten Schicht der Haut, im Unterhautbindegewebe, sind aber

auch sonst noch sehr vielfach im Körper verbreitet, z. B. in den Eingeweiden und ferner in allen Gelenken. Im Verhältnis zu ihren großen Dimensionen finden sie sich stellenweise ziemlich zahlreich; an der Innenfläche der ganzen Hand z. B. hat man rund 600 gezählt, an den Phalangengelenken der Finger und dem Kniegelenk je 20. In ihrem Inneren sind die Körperchen von zwiebelartiger Struktur; sie bestehen nämlich aus einer großen Anzahl ineinander gekapselter weicher Hüllen, die einen zentralen Schlauch einschließen. In diesen tritt die vorhin erwähnte Nervenfaser hinein, durchsetzt ihn in ganzer Länge und endigt, einfach oder verzweigt, mit einer kleinen Anschwellung.

Im allgemeinen ist bei der Nervenversorgung der Haut noch dies bemerkenswert. Diejenigen Nervenfasern, die in den oberen Hautschichten endigen, bilden unmittelbar unter den Cutispapillen (ähnlich wie bei den Haaren erwähnt) unter mannigfachen Verästelungen ein dichtes Geflecht, einen Plexus, aus dem sie im allgemeinen in kleinen Bündelchen weiter nach außen treten. Die Bedeutung dieser Einrichtung scheint darin zu liegen, daß durch sie ermöglicht wird, von verhältnismäßig wenigen Ganglienzellen aus doch eine große Anzahl von Hautstellen verschieden zu innervieren und dadurch für die Empfindung unterscheidbar zu machen. In dem Plexus werden die verschiedenen Verästelungen je einiger weniger Stammfasern durcheinander gemischt und begeben sich dann so zu ihren Endorganen, daß die einzelnen Hautstellen stets mit mehreren, aber in *verschiedener Weise* kombinierten Ganglienzellen in Verbindung gesetzt werden.

2. Bei den *durch die Haut vermittelten Empfindungen* werden im gewöhnlichen Leben zahlreiche verschiedene Arten unterschieden. Wir sondern aber für ihre nähere Betrachtung hier zunächst ganz aus die Wahrnehmung *räumlicher Verhältnisse*, also von Distanzen und Größen, durch die Haut (die im engeren Sinne sogenannte Tastempfindung), da uns diese, als etwas den Haut- und Gesichtswahrnehmungen Gemeinsames später beschäftigen wird. Es bleiben dann noch solche Eindrücke wie Berührung, Druck, Kälte und Wärme, Kitzel, Jucken, Kribbeln, Stechen, Schneiden, Brennen; ferner Eindrücke, die wir in der Regel als Eigenschaften der äußeren Dinge zu objektivieren pflegen, wie die des Spitzen und Stumpfen, Glatten und Rauhen, Harten und Weichen, Nassen und Trockenen. Allein auch diese sind für die bloße theoretische Betrachtung keineswegs alle gleichwertig. Es sind bei weitem nicht alles spezifisch verschiedene und unanalysierbar letzte Bewußtseinsinhalte, sondern zum Teil bloße Modifikationen einzelner Arten von Hautempfindungen,

zum Teil auch Verbindungen von Hautempfindungen miteinander oder mit andersartigen Empfindungen, unter Umständen noch unter Zutritt starker Gefühle.

Die Empfindung einer Berührung z. B. ist durchaus nichts anderes als eine schwache Druckempfindung, bisweilen verbunden mit einem schwachen Kitzel, die eines Schnittes nichts als die Empfindung eines linear ausgedehnten Stiches. Beim Brennen, z. B. einer Wundfläche, haben wir diffus ausgebreitete Stichempfindungen verbunden mit Wärmeempfindungen. Der Eindruck des Spitzen besteht in der Empfindung eines räumlich beschränkten, der des Stumpfen in der Empfindung eines räumlich ausgebreiteten Druckes. Bei Glätte und Rauhigkeit, Härte und Weichheit kombinieren sich verschiedenartige Druckempfindungen mit Bewegungs- und Widerstandsempfindungen. Nässe ist dann meist wieder eine Kombination von Glätte und Kühle, Trockenheit enthält in der Regel etwas von Rauhigkeit usf.

Für gewöhnlich freilich pflegen wir die tatsächlich vorhandenen Verwandtschaftsverhältnisse dieser Eindrücke nicht als solche aufzufassen und zu beachten, noch auch ihre etwaigen Verbindungen in ihre Bestandteile aufzulösen. Sie existieren vielmehr ursprünglich und so auch noch in der Regel für das entwickelte Bewußtsein als eigenartige und bis zu gewissem Grade einheitliche Gesamteindrücke, ähnlich wie etwa Akkorde und Klangfarben oder die Gerüche objektiv zusammengesetzter Parfüms. Worauf das beruht, kann uns erst später beschäftigen: es ist eine allgemeine Eigentümlichkeit unseres Wahrnehmens, eine Mehrheit gleichzeitig einwirkender objektiver Reize ursprünglich nicht als etwas Reichhaltiges und Gegliedertes, sondern als eine für jeden Fall eigenartige Einheit zu erleben. Erst nach Erwerbung gewisser Erfahrungen kommt allmählich die Fähigkeit einer sondernden Auffassung und einer Vergleichung der analysierend gewonnenen Elemente zustande. Aber bei den Hautempfindungen ist diese Fähigkeit für das ausgebildete Bewußtsein doch zumeist vorhanden, und wenigstens bei darauf gerichteter Aufmerksamkeit ist uns im allgemeinen das Erkennen der obwaltenden Beziehungen und die Zerlegung des Zusammengesetzten in Einfacheres ohne große Schwierigkeit möglich. Und daher brauchen wir uns hier nicht mit allen jenen überhaupt unterscheidbaren Formen der Hautempfindungen zu befassen, sondern nur mit ihren durch Analyse erreichbaren letzten Elementen. Als solche sind für unsere gegenwärtige Kenntnis drei Arten zu nennen: *Temperatur-, Druck-* und *Schmerzempfindungen.* Vielleicht sind auch noch der Kitzel und die Juckempfindung hinzuzufügen; es ist aber schwer, über ihren Charakter zu einem bestimmten Urteil zu gelangen, und sie mögen daher außer

Betracht bleiben. Jene drei dagegen erweisen sich für das unmittelbare Bewußtsein nach dem, was man an ihnen bei bloßer aufmerksamer Beobachtung erlebt, mit Sicherheit als drei spezifisch verschiedene Empfindungsklassen, als qualitativ ebenso selbständig und unvergleichbar nebeneinander stehende Arten von Bewußtseinsinhalten wie etwa Gesichtsempfindungen neben Gehörs- oder Geschmacksempfindungen. Die beim Anfassen eines scharfkantigen Stückes Metall auftretende Druckempfindung hat rein als psychisches Gebilde mit der begleitenden Empfindung von Kühle und der an den Rändern auftretenden Schmerzempfindung so wenig Verwandtschaft wie die beim Anblick einer Trompete empfundenen Farben mit den gleichzeitigen Tönen.

Hinsichtlich der Schmerzempfindungen bedarf es dabei noch einer besonderen Bemerkung. Das Wort Schmerz bezeichnet im gewöhnlichen Sprachgebrauch ein Zwiefaches. Erstens höhere Grade der Unlust, wie z. B. wenn wir von einem schmerzlichen Verlust, einer schmerzlichen Nachricht oder von dem Schmerz unverdienter Vorwürfe sprechen. Zweitens gewisse sinnliche Eindrücke, die in der Regel mit starken Unlustgefühlen verbunden sind, wie eben die vorhin genannten Empfindungen des Stechens, Schneidens, Brennens u. a. Die Verwandtschaft der beiden Bedeutungen liegt auf der Hand, gleichwohl darf man sie nicht verwechseln. Im einen Falle ist bloß eine bestimmte Gefühlsseite gewisser Eindrücke gemeint, im anderen außer dem Unlustgefühl noch zugleich ein eigenartiger Empfindungsinhalt, an dem jenes Gefühl sozusagen haftet, etwas was da weh tut, wenn man ein Stechen oder Schneiden erlebt, und was bei aller Gleichartigkeit des begleitenden Wehtuns doch an sich mannigfach verschieden ist. Wenn nun hier von Schmerzempfindungen die Rede ist, so ist damit naturgemäß abstrahiert von allem Gefühl (und also auch völlig abgesehen von der ersten Bedeutung des Wortes Schmerz), und es sind lediglich jene Empfindungen gemeint, die bei Schmerzen in dem eben erwähnten zweiten Sinne außer dem Gefühl der Unlust gleichsam als seine Träger neben ihm noch da sind und von ihm wohl unterschieden werden können. Die Schmerzempfindungen der Haut bilden hiervon eine besondere Gruppe. Was aber an diesen qualitativ eigenartig ist, d. h. nicht Temperaturempfindung (wie z. B. die Empfindung des Brennens teilweise) noch Druckempfindung (wie teilweise das Kneifen), reduziert sich alles auf die Empfindung des Stichs, besteht nur in Besonderheiten dieses Elementareindrucks, wie man bei einiger Überlegung leicht erkennen wird. Um das mehrdeutige Wort Schmerz ganz zu vermeiden, wäre es daher zweckmäßig, die neben Temperatur und Druck noch anzuer-

kennenden Schmerzempfindungen der Haut direkt als *Stichempfindungen* zu bezeichnen (s. auch § 36).

Die Aussage des unmittelbaren Bewußtseins über die Hautempfindungen ist in psychologischer Hinsicht natürlich das allein Maßgebende, aber sie ist doch auch dem Irrtum unterworfen. Von Bedeutung ist daher, daß sie noch durch anderweitige Befunde unterstützt wird. Schon seit längerer Zeit ist bekannt, daß die Empfindlichkeiten für Druck, Temperatur und Schmerz nicht immer in denselben Beziehungen zueinander stehen, sondern unabhängig voneinander veränderlich sind. In den Anfangsstadien der Äther- oder Chloroformnarkose z. B. hört die Empfindlichkeit für Schmerz schon vollständig auf, während die Berührungs- und Druckempfindlichkeit noch — soviel sich urteilen läßt — in ziemlich normaler Stärke erhalten bleibt. Der mit dem Ausziehen eines Zahnes verbundene Druck und Zug wird auch in halber Narkose noch als eine kräftige Manipulation empfunden, nur das sonst die Operation begleitende durchdringend Stechende fällt fort. Für gewisse Rückenmarkskrankheiten ist eine auffallende Herabsetzung der Temperaturempfindlichkeit charakteristisch, für andere eine vorwiegende Beeinträchtigung der Druckempfindlichkeit. Kurz, mannigfache Erfahrungen lehren eine objektive Trennbarkeit der drei Empfindungsarten und drängen zu der Vermutung, daß innerhalb der nervösen Zentralorgane irgendwie eine Sonderung der ihnen zugeordneten Leitungsbahnen oder zentralen Endstationen statthaben muß.

Hierzu ist dann in der Mitte der achtziger Jahre eine wichtige Ergänzung gefunden und seitdem immer mehr bestätigt worden: daß nämlich eine entsprechende Sonderung auch für die peripheren Endorgane besteht. Bei der gewöhnlichen Erregung der Haut allerdings durch mehr oder weniger ausgedehnte Reize können im allgemeinen sowohl Druck- wie Temperatur- und Schmerzempfindungen von jeder Stelle aus hervorgerufen werden. Einzelne Erfahrungen weisen freilich auch so schon darauf hin, daß die jene Empfindungen vermittelnden nervösen Endigungen verschieden sein müssen: die Stellen größter Druckempfindlichkeit z. B., nämlich die Fingerspitzen, sind keineswegs identisch mit den Stellen größter Temperatur- oder Schmerzempfindlichkeit; bei Einwirkung von Ammoniak- oder Chlordämpfen auf die Nasenschleimhaut entsteht lediglich die Empfindung eines ausgebreiteten Stechens ohne jeden Anklang an Druck oder Temperatur. Allein sehr viel deutlicher tritt diese Trennung hervor, wenn man die Prüfungsmethoden verfeinert und sich möglichst punktförmiger Reize bedient. Es zeigt sich dann, daß jede der drei Empfindungsqualitäten an ganz bestimmte, nur ihr dienende

isolierte Punkte gebunden ist; d. h. von gewissen Hautpunkten aus erhält man nur Temperaturempfindungen, von anderen nur Druckempfindungen und wieder von anderen — unter Beobachtung gewisser Vorsichtsmaßregeln — nur Stichempfindungen, während die zwischenliegenden Hautfelder für Reize, die nicht etwa die umgebenden Empfindungspunkte in Mitleidenschaft ziehen, überhaupt unempfindlich sind. Alle drei Punktsysteme sind in verschiedener Dichtigkeit über die ganze Haut ausgebreitet. Für gewöhnlich werden also bei unseren Hantierungen der äußeren Dinge Glieder jedes Systems gereizt und dadurch unter Umständen Empfindungen von zwei oder drei Arten gleichzeitig hervorgerufen. Näheres über diese Verhältnisse folgt sogleich. Sie sind hier nur vorläufig erwähnt, um darzutun, daß der für die psychische Analyse notwendigen Sonderung von drei Arten von Hautempfindungen auch materiell das Vorhandensein von drei verschiedenen Sinnesorganen entspricht, nur daß deren Endapparate untereinander gemischt und sämtlich derselben Haut eingebettet sind.

Sehr erwünscht wäre es nun, wenn wir zwischen den mitgeteilten beiden Reihen von Tatsachen, den anatomischen und den psychologischen, einen Zusammenhang herstellen und also angeben könnten, welche bestimmten Endigungsweisen und Endapparate der Hautnerven den verschiedenen Empfindungsqualitäten im einzelnen zugehören. Leider ist unser Wissen in dieser Hinsicht noch sehr unsicher. Die verschiedenen Terminalkörperchen haben durchweg beschränkte Verbreitungsbezirke, während die drei Empfindungsarten fast über die ganze Hautfläche verbreitet sind. Eine einfache Beziehung zwischen beiden, so daß also eine bestimmte Empfindungsqualität ausschließlich an einen bestimmten Endapparat gebunden wäre, kann man demnach nicht annehmen. Auch direkte Untersuchungen der an Druck- und Temperaturpunkten der Haut endigenden Nervenfasern haben keine Beziehung zu irgendwelchen Terminalkörperchen erkennen lassen.

Von den über die Sache aufgestellten Vermutungen scheinen mir die folgenden, von M. v. Frey herrührenden, am wahrscheinlichsten. Als Organe des Drucksinns betrachtet Frey an den unbehaarten Hautflächen die Meißnerschen Tastkörperchen, da er nur deren Anzahl mit der Zahl der Druckpunkte einigermaßen übereinstimmend findet, an den behaarten Hautflächen dagegen eben die Haare, bei denen sich eine enge Beziehung zu den Druckpunkten durch direkte Beobachtung nachweisen läßt. Für die Vermittelung der Schmerzempfindungen sodann nimmt er die in der Oberhaut frei endigenden Nervenfasern in Anspruch. Zum Teil deshalb, weil nach gewissen Erfahrungen (S. 373) für die Endigungen der Schmerznerven eine sehr oberflächliche Lage in der Haut wahrscheinlich ist, zum Teil auch, weil eine Stelle des Körpers, die nur Schmerz empfindet (die Mitte der Hornhaut), auch nur freie Nervenendigungen aufweist. Aus einem ähnlichen Grunde bringt er die Vermittelung der Kälteempfindungen zu den Krauseschen Endkolben in Beziehung.

§ 29. Die Temperaturempfindungen.[1]

Über diese Empfindungen als solche, d. h. über ihren Charakter in rein psychologischer Hinsicht, bedarf es weiter keiner Worte. Jedermann weiß, daß wir zwei Arten von Temperaturempfindungen unterscheiden, Kälteempfindungen und Wärmeempfindungen, und im übrigen innerhalb jeder Art verschiedene Stärkegrade (einerseits lau, warm, heiß, andererseits kühl, kalt, eisig). Weitere Erörterungen sind hier also nur erforderlich über das Verhältnis der Empfindungen zu dem sie vermittelnden Organ und zu ihren äußeren Ursachen.

1. Abhängigkeit von dem vermittelnden Organ. Wie schon erwähnt, ist die Haut nicht in ihrer ganzen Fläche temperaturempfindlich, sondern nur an einzelnen, allerdings sehr zahlreichen Punkten. Dabei sind außerdem die Punkte, an denen Kälte, und diejenigen, an denen Wärme empfunden wird, wieder ganz verschieden; es sind also *Kältepunkte* und *Wärmepunkte* zu unterscheiden.

Diese Temperaturpunkte wurden im Jahre 1884 fast gleichzeitig von dem Norweger Blix, dem Deutschen Goldscheider und dem Amerikaner Donaldson entdeckt und sind leicht aufzufinden, namentlich die Kältepunkte. Betupft man mit einem zugespitzten aber nicht stechenden Metallgegenstand (oder auch einem Bleistift) von Zimmertemperatur verschiedene Stellen der Haut, so empfindet man im allgemeinen bloß die Berührung. An einzelnen Stellen aber blitzt eine intensive Kälte- oder Kühleempfindung auf, die durchaus an diese Stellen gebunden erscheint und sich beliebig oft wiedererzeugen läßt, wenn man nach kleinen Pausen zu denselben Stellen zurückkehrt. Die Auffindung der Wärmepunkte geschieht in ent-

[1] E. H. Weber, Tastsinn und Gemeingefühl in Wagners Handwörterb. d. Physiol. **3**, 2 S. 481; 1846. E. Hering, Der Temperatursinn in Hermanns Handb. d. Physiol. **3**, 2 S. 415; 1880. Blix, Experim. Beiträge zur Lösung der Frage über die spezifische Energie der Hautsinnesnerven. Zeitschr. f. Biologie **20** S. 140; 1884. Goldscheider, Neue Tatsachen über die Hautsinnesnerven. Du Bois' Arch. 1885, Supplbd. S. 1. Auch: Ges. Abhandl. Bd. **1**. Donaldson, On the Temperature Sense. Mind **10** S. 399; 1885. F. Kiesow, Untersuchungen über Temperaturempfindungen. Philos. Stud. **11** S. 135; 1895. Kelchner u. Rosenblum, Zur Frage nach der Dualität des Temperatursinnes. Zeitschr. f. Psychol. **21** S. 174; 1899. Alrutz, Studien auf dem Gebiet der Temperatursinne. Skandin. Arch. f. Physiol. **7** S. 334; 1897, und **10** S. 340; 1900. (Dazu Kiesow, Zeitschr. f. Psychol. **26** S. 231). Thunberg, Untersuchungen über die relative Tiefenlage der kälte-, wärme- und schmerzperzipierenden Nervenenden in der Haut usw. Ebda **11** S. 382; 1901. Sommer, Über die Zahl der Temperaturpunkte der äußeren Haut. Sitzungsb. d. Physik.-med. Ges. zu Würzburg, 1901. Bader, Das Verhältnis der Hautempfindungen und ihrer nervösen Organe zu calorischen usw. Reizen. Philos. Stud. **18** S. 437; 1902.

sprechender Weise und ist nur etwas schwieriger; objektiv, weil die benutzte Metallspitze immer erst mäßig erwärmt werden muß und bei ihrer geringen Masse rasch wieder abkühlt, und subjektiv, weil die stellenweise auftretende Wärmeempfindung nicht so durchdringend ist, sondern einen stumpferen und diffuseren Charakter besitzt als die Kälteempfindung. Wie sogleich bemerkt werden mag, haben diese elementaren Temperaturempfindungen, obschon sie durch punktförmige Reize hervorgerufen werden können, an sich selbst durchaus nichts Punktförmiges. Sie kommen vielmehr deutlich als etwas irgendwie Ausgedehntes zum Bewußtsein, nur ohne bestimmte Umgrenzung, und darauf beruht es dann, daß bei der Berührung größerer Gegenstände (oder bei einer Reizung durch Temperaturstrahlung) die von mehreren benachbarten Temperaturpunkten herrührenden Eindrücke zu einer kontinuierlich flächenhaften Empfindung zusammenfließen.

Zu genaueren Untersuchungen und namentlich zur vollständigen Feststellung der Temperaturpunkte eines bestimmten Bezirks muß man sich besonderer Apparate bedienen, die längere Zeit hindurch auf möglichst konstanter Temperatur erhalten werden können. Man hat so u. a. noch folgendes ermittelt. Die relative Dichtigkeit der Punkte an verschiedenen Hautstellen ist eine sehr verschiedene; dabei aber sind durchweg die Kältepunkte weit zahlreicher vertreten als die Wärmepunkte. So fand z. B. Sommer durchschnittlich 13 Kältepunkte im qcm, dagegen nur 2 Wärmepunkte. Das allgemeine Anordnungsprinzip ferner für beide Arten ist nicht gleichmäßige Verteilung über die Haut, sondern Aneinanderreihung zu kleinen Ketten oder Anhäufung zu kleinen Gruppen, zwischen denen dann relativ größere Felder nur spärlich mit Punkten besetzt sind. Weiter sind die Temperaturpunkte von Hause aus von verschiedener Empfindlichkeit, d. h. sie beantworten ein und denselben objektiven Reiz teils mit schwächeren teils mit stärkeren Empfindungen. Natürlich hängt die Empfindungsstärke gleichzeitig auch von der objektiven Reizstärke ab, sowie von der Stärke des bei der Reizung angewandten Druckes, aber viele Punkte liefern selbst bei objektiv intensiver Reizung immer nur eine schwache Empfindung. Endlich spielen subjektive Einflüsse von noch nicht näher bekannter Art eine ziemliche Rolle bei der Erregung der Temperaturpunkte, namentlich der Wärmepunkte, so daß selbst ein und derselbe Beobachter bei wiederholter Aufnahme eines bestimmten Hautgebietes nicht stets genau dasselbe Bild von ihrer Verteilung erhält. Die Angaben verschiedener Beobachter über die genauere Topographie der Punkte stimmen daher begreiflicherweise noch wenig miteinander überein. Fig. 36 gibt eine Vorstellung von zwei verschiedenen älteren Befunden.

Sehr bemerkenswert ist, daß die Temperaturpunkte, wie Goldscheider zuerst fand, bisweilen mit ihren spezifischen Empfindungen antworten, wenn sie gar nicht durch Temperaturreize, sondern rein mechanisch oder auch durch den elektrischen Strom erregt werden. An den Wärmepunkten allerdings scheint diese Erscheinung nur ganz vereinzelt vorzukommen; an den Kältepunkten dagegen ist sie, wenn auch nicht immer, noch an allen Punkten, doch aber in zahlreichen Fällen und verhältnismäßig leicht zu beobachten. Stößt man mit einem zugespitzten Hölzchen, das sich bei gewöhnlichem Anfassen weder warm noch kalt anfühlt, wiederholt gegen einige vorher bezeichnete Kältepunkte, so wird man ab und zu eine deutliche Kälteempfindung verspüren. Dasselbe ist der Fall bei Reizung der Punkte

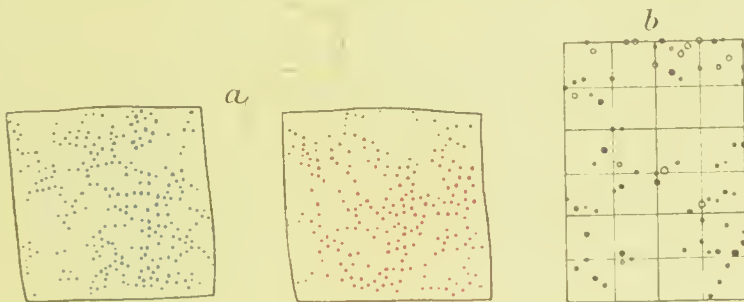


Fig. 36. Temperaturpunkte auf dem Handrücken; *a* nach Goldscheider (Kältepunkte blau, Wärmepunkte rot), *b* nach Donaldson (Kältepunkte ausgefüllt, Wärmepunkte unausgefüllt).

mit einem mäßig starken Induktionsstrom. Noch eine andere Eigentümlichkeit charakterisiert die Kältepunkte: nicht nur auf niedere, sondern auch auf höhere Temperaturen von etwa 45° C. aufwärts reagieren sie — wenigstens teilweise — mit der ihnen eigentümlichen, scharf umschriebenen Kälteempfindung *(paradoxe Kälteempfindung* v. Freys). Man hat diese merkwürdige Tatsache auch bei nicht punktförmigen sondern über eine kleine Fläche ausgedehnten Reizen konstatiert. Wenn man die Haut eine Weile auf 45° C. erwärmt und ihr dann durch ein sehr dünnes Metallplättchen noch eine kleine Wärmemenge von etwa 75° C. zuführt, so empfindet man statt Wärme vielmehr Kälte. Ist die zugeführte Wärmemenge erheblich größer, ihre Temperatur aber nicht viel höher als die Vorwärmung, so wird dagegen Wärme empfunden; und in der Empfindung, die wir als *heiß* bezeichnen, sind wahrscheinlich die beiden antagonistischen Temperaturempfindungen zugleich enthalten.

Das verschiedene Verhalten der Wärme- und Kältepunkte in den beschriebenen beiden Hinsichten wird verständlich durch die Annahme, daß die Kälteorgane ihre Lage in verhältnismäßig oberflächlichen Hautschichten haben, die Wärmeorgane dagegen in tieferen Schichten. Dafür spricht auch der diffuse

Charakter und das langsamere Zustandekommen der Empfindung an den Wärmepunkten, verglichen mit ihrem plötzlichen Aufblitzen und ihrer größeren Schärfe an den Kältepunkten.

Die Temperaturempfindlichkeit ausgedehnterer Hautbezirke wird natürlich bedingt durch die Dichtigkeit und Empfindlichkeit der in ihnen enthaltenen Temperaturpunkte. Zugleich aber spricht hier noch ein anderes Moment mit, nämlich die Größe der gereizten Fläche. Wirkt ein und dieselbe objektive Temperatur auf Hautflächen von verschiedener Größe, so wird sie auf der größeren Fläche stärker empfunden. Taucht man in kaltes oder warmes Wasser einmal den Zeigefinger, ein andermal die ganze Hand oder den Arm, so ist die Empfindung im zweiten Falle, abgesehen von ihrer größeren Ausdehnung, erheblich intensiver. Man wird nicht sagen können, daß dies auf einer Verwechslung von Ausdehnung und Stärke der Empfindung beruhe, denn man hält beides recht gut auseinander; vielmehr findet wohl, wie schon E. H. Weber annahm, irgendwo in der Peripherie oder den Zentralorganen eine wechselseitige Unterstützung der Erregungen verschiedener Temperaturpunkte statt. Jedenfalls aber bewirkt die Erscheinung, daß man von der Temperaturempfindlichkeit einer Hautstelle ein etwas zu ungünstiges Bild erhält, wenn man sich bloß auf punktförmige Reize beschränkt. Die schwächst empfindenden Stellen entziehen sich der Kenntnis, weil ihnen jene aus einer größeren Reizfläche erwachsende Unterstützung abgeht.

Die konkreten Angaben über Temperaturempfindlichkeit beruhen auf Vergleichung der verschiedenen Stärke des Eindrucks, den man von einem objektiv stets gleich temperierten Körper an verschiedenen Hautstellen erhält. Man findet so z. B., daß die Temperaturempfindlichkeit in der Medianlinie des Körpers durchweg eine etwas stumpfere ist als auf den seitlichen Partien. Eine relativ geringe Empfindlichkeit zeigen gleichfalls: Finger und Hand, die Mitte des Rückens, die Kopfhaut und die Schleimhaut der Mundhöhle (mit Ausnahme der Zungenspitze). Durch eine hohe Empfindlichkeit dagegen zeichnen sich aus: Brust und Bauch, der Oberarm, die seitlichen Teile der Stirn und ganz besonders (wie Müttern und Kinderfrauen wohlbekannt) die Augenlider. Von Interesse werden diese Befunde namentlich durch Vergleichung mit den anderen Empfindlichkeiten der Haut. Die Stellen größter Temperaturempfindlichkeit fallen keineswegs zusammen mit denen größter Druckempfindlichkeit oder feinster Lokalisationsfähigkeit, sondern zeigen eine ganz andere Verteilung. Wie schon oben erwähnt, tritt auch hierin die wechselseitige Unabhängigkeit der den verschiedenen Empfindungsqualitäten dienenden Sinnesorgane zutage.

2. Abhängigkeit von den äußeren Reizen. Den äußeren Reiz für beide Qualitäten der Temperaturempfindung bildet das physikalisch als Wärme bezeichnete Agens innerhalb der Temperaturen von 70° bis etwa — 10° C. Ob dabei diese Temperaturreize im engeren Sinne des Wortes von außen, d. h. aus der Umgebung des Körpers, an die Nervenendigungen herantreten, oder ob sie aus dem Organismus selbst stammen (wie z. B. im Fieber, beim Schamgefühl, der Furcht usw.) ist natürlich gleichgültig. Allerdings können auch noch durch andere Einwirkungen Temperaturempfindungen hervorgerufen werden, wie z. B. durch strahlende Wärme oder elektrische Ströme; sodann wirken manche Substanzen brennend oder kühlend, wie Pfeffer, Spiritus, Pfeffermünzöl auf der Mundschleimhaut, Menthol und manche Säuren auf der äußeren Haut. Indes kommen diese anderweitigen Erregungen des thermischen Sinnesapparates vielleicht teilweise nur indirekt zustande, indem zuerst Wärme in jenem physikalischen Sinne erzeugt wird und diese dann auf die Temperaturnerven wirkt.

Für die Beziehung der Empfindungen zu den eigentlichen Temperaturreizen ist wesentlich zweierlei von Bedeutung: erstens ihre Abhängigkeit von der Intensität der objektiven Vorgänge, d. h. von der Höhe der einwirkenden Temperaturen, zweitens die Abhängigkeit von der Dauer dieser Einwirkung.

Hinsichtlich des erstgenannten Verhältnisses ist allbekannt, daß sowohl an den äußersten Grenzen des vorhin bezeichneten Temperaturintervalls wie irgendwo in seiner Mitte die Temperaturempfindungen vollständig aufhören. Bei den extremen Temperaturen geschieht dies so, daß an Stelle der eigentlichen Warm- und Kaltempfindung, in Verbindung mit der beginnenden Schädigung der Gewebe, mehr und mehr die Schmerzempfindung hervortritt. Objektiv sehr heiße und sehr kalte Körper fühlen sich bekanntlich gleich an, nämlich stechend. An der neutralen Stelle in der mittleren Gegend des Intervalls aber fällt die Temperaturempfindung einfach fort: es wird weder warm noch kalt empfunden, ohne daß statt dessen etwas anderes auftritt. Eine bestimmte Zahlangabe läßt sich allerdings für die Temperatur dieses *physiologischen Nullpunktes,* wie man ihn nennt, nicht machen; sie schwankt an der Hautoberfläche innerhalb einiger Grade um 33° C. herum. Bei ruhigem Stehen in einem mäßig warmen Zimmer empfindet man nirgendwo in nennenswerter Weise Wärme oder Kälte. Doch aber sind die verschiedenen Partien der Haut ziemlich verschieden temperiert. Nasenspitze, Ohrläppchen, Finger, Handrücken fühlen sich relativ kühl an, die Handflächen, Schläfen, alle bekleideten Körperteile, die Mundhöhle relativ warm. Nach genaueren Messungen reichen diese Verschiedenheiten etwa von 31—35° C. Sie werden

aber noch dadurch vergrößert, daß die Indifferenztemperatur der einzelnen Hautstellen nicht einmal immer dieselbe ist, sondern sich, wie wir sogleich sehen werden, noch um gewisse Beträge nach oben wie nach unten verschieben kann.

Unterschiede der objektiven Temperaturen werden unter günstigen Bedingungen (d. h. in der Gegend der mittleren Hauttemperatur von 33° C., an den empfindlicheren Körperstellen und bei einer größeren Ausdehnung der Reizfläche) eben noch empfunden, wenn sie $^1/_{10}$—$^1/_{20}$° C. betragen. Bei Berührung mit kleineren Gegenständen, ebenso in den höheren oder niederen Gegenden des empfindungerregenden Temperaturintervalls sind größere Differenzen erforderlich. Indes welche Gesetzmäßigkeiten hier bestehen, ist noch nicht hinreichend genau ermittelt.

Bei dauernder Einwirkung bestimmter objektiver Reize zeigt der Temperatursinn dieselbe Eigentümlichkeit wie der Gesichtssinn, nämlich die Erscheinung der *Adaptation* (S. 248). Wenn man eine jeweilig nicht empfundene objektive Temperatur verändert, indem man z. B. in ein kühleres Zimmer geht oder die Hand in lauwarmes Wasser steckt, so empfindet man zuerst deutlich Kühle oder Wärme. Verharrt man aber eine Weile unter dem Einfluß der neuen Bedingungen und sind diese nur nicht gar zu abweichend von den früheren, so werden die Temperaturempfindungen allmählich schwächer und hören schließlich vollständig auf. Verschiedene Teile des Körpers können dabei ganz verschiedenen objektiven Wärmegraden ausgesetzt sein, wie in dem Beispiel der eingetauchten Hand: an dem ganzen Körper wird doch gleichmäßig keine Temperatur empfunden. An jede längere Zeit einwirkende Temperatur gewöhnt oder adaptiert man sich also, d. h. die Empfindung von ihr wird allmählich schwächer und hört unter Umständen ganz auf.

Dabei werden allemal die Temperaturen, die höher sind als die jeweilig nicht wahrgenommenen, als warm empfunden, die tieferen als kalt. Ändert sich also der Adaptationszustand der Haut oder einer einzelnen Hautstelle, so verschiebt sich auch ihr ganzes übriges Temperaturempfinden. Ein und dieselbe objektive Temperatur wird stärker oder schwächer empfunden, jenachdem sie der jeweiligen Adaptationstemperatur ferner oder näher liegt; ja, unter Umständen kann die Temperaturempfindung völlig ihren Charakter ändern. Die Luft eines tiefen Kellers oder einer Höhle erscheint uns im Sommer als kühl, im Winter als warm. Die in unseren Zimmern im Sommer durchschnittlich herrschende und für uns indifferente Temperatur von 21—22° C. empfinden wir im Winter als unangenehm warm, die durchschnittliche Zimmertemperatur des Winters im Sommer als

empfindlich kühl. Temperaturen von etwa — 20° C. erschienen Nansen „schön milde“ und frühlingsmäßig, nachdem er vorher wochenlang — 40° hatte aushalten müssen.

Offenbar hängt die eben erwähnte Verschiedenheit des physiologischen Nullpunktes an verschiedenen Hautstellen mit dieser Tatsache der Adaptation zusammen. Die verschiedenen Teile der Körperoberfläche werden je nach ihrer Form, Blutversorgung usw. verschieden stark durch die Außenluft abgekühlt. In einer bestimmten Umgebung aber stellt sich bald für jede einzelne Hautstelle eine ihren besonderen Bedingungen entsprechende Gleichgewichtstemperatur her, und an diese adaptiert sich dann die betreffende Partie des Temperaturorgans. Zugleich wird auch deutlich, weshalb man nicht einmal für ein und dieselbe Hautstelle von einer Nullpunktstemperatur sprechen kann. Innerhalb einer gewissen Breite vielmehr ist jede Temperatur für die Empfindung indifferent, wenn sie nur längere Zeit hindurch auf das Organ einwirken kann. Erst jenseits gewisser Grenzen ist die Adaptation keine vollständige mehr; die Temperaturempfindungen verschwinden hier nicht mehr völlig, sondern werden höchstens abgeschwächt. Wie weit diese Grenzen zu ziehen sind, läßt sich nicht genau angeben. Daß sie aber vorhanden sind, erhellt u. a. daraus, daß man bekanntlich stundenlang kalte Hände und Füße haben und als solche empfinden kann.

Was für die temperaturempfindlichen Flächen im großen gilt, muß sich natürlich auch im kleinen, bei ihren physiologischen Elementen, wiederfinden: die Abstumpfung der Empfindlichkeit bei dauernder Reizung besteht demgemäß auch bei den Temperaturpunkten. Reizt man einen Kälte- oder Wärmepunkt mehrfach hintereinander oder auch eine kleine Weile ohne Unterbrechung, so wird er sehr bald unempfindlich. Wartet man dann eine Zeitlang, so findet man die anfängliche Empfindlichkeit wiedergekehrt, und man darf sich also durch ihr zeitweiliges Verschwinden bei dem Aufsuchen und Feststellen der Temperaturpunkte nicht irre machen lassen.[1]

Unsere Kenntnisse auf dem Gebiete der Temperaturempfindungen sind, wie man sieht, noch ziemlich mangelhaft. Das liegt u. a. daran, daß genauere Untersuchungen hier mit vielfachen Schwierigkeiten zu kämpfen haben. Abgesehen von schon erwähnten Momenten, wie der Verschiedenheit der Hauttemperatur an verschiedenen Stellen und der Tatsache der Adaptation, spielen dabei auch rein physikalische Umstände eine wesentliche Rolle. So ist z. B., wenn es sich

[1] Eine ganz andere Art von Abstumpfung der Empfindlichkeit wird durch extreme Temperaturen hervorgebracht. Jede starke Abkühlung oder Erwärmung der Haut vermindert, wie es scheint, die allgemeine Erregbarkeit der Temperaturnerven und beeinträchtigt daher gleichzeitig die Kälte- und Wärmeempfindungen. Beim Gefrieren des Gewebes hört, wie bekannt, jegliche Empfindung auf.

um Genauigkeit in den Zehntelgraden handelt, schon die Herstellung der äußeren Reize nicht ganz leicht. Verluste durch Wärmestrahlung werden bei festen Körpern und Ungleichmäßigkeiten der Durchwärmung bei flüssigen leicht Fehlerquellen bilden. Sodann kommt bei der Beurteilung der Temperaturen das verschiedene Wärmeentziehungsvermögen der einwirkenden Körper sehr in Betracht, das selbst wieder von ihrer Leitungsfähigkeit und anderen Umständen abhängt. Daß sich die objektiv nahezu gleich temperierten Gegenstände eines Zimmers doch ganz verschieden anfühlen, Metalle und polierte Flächen ziemlich kalt. Kleidungsstücke und rauhe Flächen kaum als kühl, beruht bekanntlich hierauf. Ferner müssen die Einzelreizungen bei Temperaturversuchen mit einer gewissen Schnelligkeit ausgeführt werden, was für die Bildung eines sicheren Urteils unvorteilhaft ist. Bei irgend längerem Anliegen an der Haut werden die als Reize dienenden Körper, namentlich die schlechten Wärmeleiter, von der Hauttemperatur beeinflußt und die tatsächlich zur Einwirkung gelangenden objektiven Temperaturen der Kontrolle entzogen. Endlich besteht auch darin noch eine Schwierigkeit, daß das Temperaturorgan nicht frei an der Oberfläche. sondern im Inneren der Haut liegt. Diese hält als schlechter Wärmeleiter die auf sie einwirkenden äußeren Temperaturen eine Weile zurück und verhindert so eine schnelle Vergleichung verschiedener Reize mit derselben Hautstelle. Bei Benutzung verschiedener Hautstellen aber ist die Vergleichung subjektiv schwieriger und wird objektiv leicht dadurch gestört, daß die beiden Stellen nicht gleich temperiert oder nicht gleich adaptiert sind.

3. Theorie. Eine befriedigende Theorie des Zustandekommens der Temperaturempfindungen in dem nervösen Apparat fehlt zurzeit noch. Im wesentlichen stehen sich zwei verschiedene Auffassungen gegenüber. Nach der älteren, die von E. H. Weber herrührt und von Goldscheider neuerdings wieder aufgenommen wurde, ist es lediglich der Akt des Steigens oder Sinkens der Hauttemperatur, der von uns als Wärme oder Kälte empfunden wird. Auf die absolute Temperatur eines einwirkenden Körpers käme es hiernach also gar nicht an, sondern allein darauf, ob er die jeweilig vorhandene und an sich beliebige Hauttemperatur unverändert läßt oder zum Steigen oder Sinken bringt. Was sich auf diese Weise ungezwungen erklärt, ist namentlich die Tatsache der Adaptation, die Tatsache also, daß bei Änderung der objektiven Temperatur zunächst eine Temperaturempfindung entsteht, die aber dann allmählich schwächer wird und bisweilen ganz verschwindet. Die objektive Änderung bewirkt eben eine Verschiebung der bis dahin auf einer bestimmten Höhe befindlichen Hauttemperatur, und solange diese währt, kommt es zur Empfindung. Nach einiger Zeit aber hat sich die Hauttemperatur in einer neuen Höhenlage eingestellt und dieser Zustand verrät sich dem Bewußtsein nicht mehr. Weiter würden sich auch die neueren Befunde über getrennte Kälte- und Wärmeorgane dieser Anschauung zwanglos einfügen lassen. Man müßte nur noch annehmen, daß durch irgendwelche Vermittelung von Endapparaten oder Zwischensubstanzen eine Tempera-

tursteigerung nur die Wärmenerven, eine Erniedrigung nur die Kältenerven errege, was nichts Bedenkliches haben würde.

Dafür aber stehen der Weberschen Theorie andere Bedenken entgegen. Die Adaptation an Temperaturänderungen macht sich nicht schrankenlos geltend, sondern nur innerhalb gewisser Grenzen. Die Temperatur eines sehr kalten oder sehr warmen Zimmers empfindet man dauernd als solche, aber ein Temperaturgleichgewicht der Haut muß sich doch in jeder bestimmten Umgebung ziemlich bald hergestellt haben. Man kann zwei Stunden lang kalte Füße haben, während deren objektive Temperatur sich nicht wesentlich ändert. Wo sollte sie auch hinkommen, wenn sie dabei fortwährend herunterginge? Einen anderen Einwand hat Hering geltend gemacht. Wenn man einen kalten Gegenstand einige Zeit auf die Haut einwirken läßt und dann entfernt, so wird die abgekühlte Haut von dem Blute her allmählich wieder erwärmt, ihre Temperatur steigt also; gleichwohl empfindet man dabei fortwährend Kälte. Mit der Weberschen Annahme läßt sich diese Tatsache nur auf gezwungene Weise in Einklang bringen; am nächsten liegt es offenbar zu sagen: wir empfinden Kälte, weil die abgekühlte Haut aus rein physikalischen Gründen noch eine Zeitlang kalt bleibt.

Hering hat daher eine andere Auffassung entwickelt, deren allgemeine Grundzüge an seine Theorie des Farbensehens (S. 232) anklingen. Die nervöse Substanz des Temperaturorgans unterliegt danach fortwährend zwei entgegengesetzten Prozessen, der Zersetzung *(Dissimilierung)* und der Wiederherstellung *(Assimilierung)*. Für das Bewußtsein bewirkt der erste von diesen Prozessen Wärmeempfindung, der zweite Kälteempfindung; gleichzeitiges und gleichstarkes Bestehen der beiden entspricht der Indifferenzempfindung. Infolge des Stoffwechsels der lebendigen Substanz nun finden jederzeit beide Prozesse gleichzeitig statt; zugleich aber werden sie beeinflußt durch thermische Reize, und zwar wird die Dissimilierung gesteigert durch Temperaturen, die höher liegen als eine gewisse mittlere Temperatur, und die Assimilierung durch solche, die tiefer liegen. Die Steigerung ist um so größer, je weiter die einwirkenden Temperaturen von jener Mitteltemperatur entfernt sind; außerdem ist für sie noch ein anderer Umstand von Bedeutung: ihre eigene Dauer. Da nämlich die Menge der nervösen Substanz beschränkt ist, so wird eine länger anhaltende Steigerung z. B. der Dissimilierung das für diese verfügbare Material allmählich erschöpfen, während das Assimilierungsmaterial allmählich vermehrt wird und dadurch auch die (durch den Stoffwechsel bewirkten) Assimilierungen selbst zunehmen. Entsprechend umgekehrt bei längerer Einwirkung eines Assimilierungsreizes. Unter Umständen,

falls nämlich die einwirkenden Reize nicht gar zu stark sind, werden trotz ihres Fortbestehens die beiden antagonistischen Prozesse sich von neuem miteinander ins Gleichgewicht setzen. Jede für die Empfindung anfänglich wirksame Temperatur schwächt also durch ihr längeres Bestehen ihre eigene Wirkung allmählich ab, bisweilen bis zu gänzlichem Aufhören, indem sie zugleich die Empfänglichkeit für die entgegengesetzte Empfindungsqualität allmählich steigert.

Man erkennt leicht, wie hier die vorhin erwähnten Schwierigkeiten vermieden sind bei einer nicht minder ansprechenden Erklärung der Adaptationserscheinungen. Allein dafür macht sich jetzt ein neues Hindernis geltend: die experimentell gefundene Verschiedenheit der kälteempfindlichen und wärmeempfindlichen Stellen. Die Einheit des temperaturempfindenden Apparates bildet eine von Hering selbst geforderte Voraussetzung seiner Annahme, da sonst nicht zu verstehen ist, wie die Minderung der Erregbarkeit für die eine Empfindungsqualität stets mit einer ganz entsprechenden Mehrung der Erregbarkeit für die andere Hand in Hand geht. Einstweilen also fehlt uns hier noch eine allseitig befriedigende Vorstellung von dem Zusammenhang der Dinge.

§ 30. Die Druckempfindungen.[1]

1. Abhängigkeit von dem Organ. Die Druck- und Berührungsempfindlichkeit der Haut ist ganz wie die Empfindlichkeit für Temperaturen nicht über ihre ganze Fläche gleichmäßig ausgebreitet, sondern auf zahlreiche Stellen sehr geringen Umfangs konzentriert, die sogenannten *Druck-* oder *Tastpunkte.* Die Feststellung dieser Tatsache und die Aufsuchung von Druckpunkten ist nicht schwierig, aber es bedarf dazu eines einfachen Hilfsmittels. Wenn man irgend einen starren Gegenstand, z. B. ein zugespitztes Hölzchen, aus freier Hand auf die Haut aufsetzt, so ist der hervorgebrachte Druck auch bei größter Behutsamkeit fast allemal schon so stark, daß er die Haut in einem größeren Umfange deformiert. Man empfindet dann die Berührung fast überall, auch an den druckpunktfreien Stellen, weil eben

[1] S. die S. 357 Anm. erwähnten Arbeiten von Blix u. Goldscheider. Ferner: Griffing, On Sensations from Pressure and Impact. Psychol. Rev. Monogr. Suppl. Nr. 1; 1895. M. von Frey, Untersuchungen über die Sinnesfunktionen der menschlichen Haut; I. Abh. der math.-phys. Kl. der Sächs. Gesellsch. d. Wissenschaften 23 S. 169; 1896. v. Frey u. Kiesow, Über die Funktion der Tastkörperchen. Zeitschr. f. Psychol. 20 S. 126; 1899. Kiesow, Über Verteilung und Empfindlichkeit der Tastpunkte. Philos. Stud. 19 S. 260; 1902. Dazu Nachtrag mit vollständigen Tabellen. Zeitschr. f. Psychol. 35 S. 234; 1904.

der Reiz sich nicht auf die Berührungsstelle beschränkt, sondern die Druckpunkte der Umgebung in Mitleidenschaft zieht. Man muß sich also nicht eines starren, sondern eines nachgiebigen Gegenstandes zum Abtasten der Haut bedienen. M. v. Frey hatte den glücklichen Gedanken, dazu Stücke von feinen Haaren zu verwenden, die er an Holzstäbchen befestigte. Beim Aufsetzen auf die Haut läßt sich mit einem solchen Haar ein bestimmter schwacher Druck ausüben, den man nicht überschreiten kann, weil sich das Haar dann durchbiegt, und der je nach der Länge, Dicke und sonstigen Beschaffenheit der Haare verschieden ist. Durch passende Auswahl kann man also leicht eine Anzahl von objektiven Reizen gewinnen, die auch für die empfindlicheren Hautstellen noch an der Grenze der Wahrnehmbarkeit liegen, und mit ihnen dann die feinere Verteilung der Empfindungsfähigkeit untersuchen. Auch zu numerisch vergleichbaren Angaben kann man dabei gelangen: der von einem Haar ausgeübte Maximaldruck läßt sich vermittelst der Wage leicht feststellen, die Fläche, auf die er sich verteilt, der Querschnitt des Haares, vermittelst des Mikroskops.

Mit Hilfe derartiger *Reizhaare* nun lassen sich die Druckpunkte namentlich an den behaarten Körperteilen leicht auffinden. „Jedes Haar hat einen Druckpunkt nahe seiner Austrittsstelle und in der Projektion des schief stehenden Balges auf die Oberfläche“ (v. Frey). Denkt man sich also die Richtung eines austretenden Haares unter der Haut eine kleine Strecke weit fortgesetzt und untersucht die über der mutmaßlichen Haarwurzel gelegene Haut, so findet man bald einen Punkt, an dem die Berührung hervorragend deutlich empfunden wird, während die Umgebung in einem mehr oder minder großen Umkreise unempfindlich ist. Auch zwischen den Haaren finden sich Druckpunkte, jedoch sind sie nur wenig zahlreich. An den haarlosen Hautflächen, von denen wesentlich die Hohlhand in Betracht kommt, fehlt es an einem äußeren Anhalt zur Auffindung der Punkte, indes stehen sie hier verhältnismäßig dicht beieinander, sodaß man doch nicht lange zu suchen braucht. An den Fingerbeeren gar ist ihre Anzahl so groß, daß eine Sonderung kaum noch gelingt, zumal hier häufig durch eine etwas dickere Epidermis auch sehr schwache Drucke noch auf eine größere Fläche übertragen werden.

Die durchschnittliche Dichtigkeit der Druckpunkte übersteigt an den meisten Körperstellen die Zahl von 20 auf den Quadratcentimeter, ist also nicht unerheblich höher als die der Temperaturpunkte. An den Armen und Beinen, besonders an den Unterschenkeln, stehen sie zwar etwas minder dicht; an einzelnen wenigen Stellen des Körpers (wie z. B. der Binde- und Hornhaut des Auges, den vorderen Gaumenbögen) scheinen sie sogar völlig zu fehlen; dafür aber geht ihre Zahl

anderswo, wie an den Daumenballen, den Fingerspitzen, der Kopfhaut, über 100 im qcm hinaus. Die Empfindlichkeit der einzelnen Punkte ist wie bei den Temperaturpunkten nicht überall gleich, sondern ziemlich verschieden. Innerhalb desselben Gebietes ist bei den wenigst empfindlichen Punkten ein etwa 4—8 mal so starker Druck erforderlich als bei den feinst empfindenden, um eben eine Empfindung auszulösen. Beträchtlich größere Unterschiede aber bestehen zwischen den Punkten verschiedener Gebiete. An der Zungenspitze und der Unterlippe konnte Kiesow noch das Aufsetzen einzelner Reizhaare deutlich erkennen, von denen so viele, wie auf die Länge eines Millimeters gehen, zusammengenommen einen Druck von $^1/_{40}$ g ausüben würden. Auf dem Rücken, der Brust und dem Bauch stieg dieser Wert bei den empfindlichsten Punkten auf 1 g für dieselbe Längeneinheit, bei den mindest empfindlichen auf $3\,^1/_2$ g.

Wegen der verschiedenen Erregbarkeit der einzelnen Druckpunkte erhält man bei einer Untersuchung der Druckempfindlichkeit nicht mit punktförmigen sondern mit flächenförmigen Reizen, aber von geringer Ausdehnung, selbst auf ein und demselben Hautgebiet etwas verschiedene Resultate, je nachdem zufällig einige Punkte von größerer oder geringerer Empfindlichkeit unter die Reizfläche fallen. Bei einer Untersuchung mit größeren Flächen dagegen ergibt sich für jedes Gebiet eine bestimmte sozusagen Durchschnittsempfindlichkeit. die zum guten Teil wohl davon abhängt, ob auf der betreffenden Hautstelle Punkte größerer oder geringerer Empfindlichkeit überwiegen, zum Teil aber auch von anderen Momenten, wie der Dichtigkeit der in dem Gebiet enthaltenen Druckpunkte, ferner von der Dicke und Spannung der Haut, dem Widerstand der Unterlage u. a. Genauere Angaben indes über diese Verschiedenheiten der einzelnen Hautgebiete liegen noch nicht vor.

2. Abhängigkeit von den äußeren Reizen. Die objektiven Ursachen für das Zustandekommen der Druck- und Berührungsempfindungen sind mehrfacher Art. Erstens Druck auf die Haut, nicht nur von außen, sondern auch von innen, so bei Geschwüren, Erweiterungen innerer Organe usw. Zweitens Spannungen und Dehnungen der Haut in ihrer eigenen Fläche, wie beim Spreizen der Finger, dem Runzeln der Stirn, namentlich auch bei Kontraktionen der an den Haarbälgen befestigten glatten Muskeln der Haut (*Gänsehaut*). Endlich Zug an einer Hautstelle, wie er z. B. beim Saugen oder beim Abheben eines Pflasters hervorgebracht wird. Im gewöhnlichen Leben allerdings pflegen wir mit Sicherheit zu unterscheiden, ob objektiv Zugreize oder Druckreize auf uns einwirken. Indes das

beruht auf eigenartigen Kombinationen der Empfindungen und auf der Kenntnis von Nebenumständen. Beim Saugen z. B. wird nicht nur die angesaugte Stelle, sondern auch ihre Umgebung stark gereizt, durch den Rand des saugenden Körpers nämlich, während bei bloßem Druck eine solche Umrahmung in der Regel nicht stattfindet. An und für sich lassen sich, wie v. Frey direkt feststellen konnte, die durch Zug und die durch Druck an einer kleinen Hautstelle hervorgerufenen Empfindungen gar nicht voneinander unterscheiden, wie denn auch die eigentlichen Organe der Druckempfindung, nämlich die Druckpunkte, sich als die Stellen größter Empfindlichkeit für Zugwirkungen erweisen.

Als geringste Belastung, deren Druck auf eine kleine (d. h. einige qmm große) Hautfläche unter günstigsten Bedingungen und an fein empfindenden Stellen, wie z. B. den Fingerbeeren, eben noch wahrgenommen wird, ermittelte v. Frey etwa $^1/_{30}$ g auf 1 qmm. Allerdings waren die Werte wegen der vorhin berührten Verschiedenheit der zufällig unter die Reizfläche geratenen Druckpunkte bisweilen erheblich höher; im Durchschnitt betrugen sie etwa $^1/_{10}$ g.

Dabei erwiesen sich zwei Momente als besonders wichtig für die Druckempfindlichkeit. Erstens die Geschwindigkeit, mit der der einwirkende Reiz auf die Haut trifft. Geschieht die Belastungszunahme langsamer als einige Gramm pro Sekunde, so sind die Schwellenwerte viel größer als vorhin angegeben. Die steiler anschwellenden Reize erregen also stärker als die flacher anschwellenden.

Zweitens die Flächengröße der Reize. Sowohl bei Einschränkung der Reizung auf sehr kleine, punktförmige Flächen, wie auch bei ihrer Ausdehnung auf sehr große und ganze Organe umschließende Hautflächen sind wieder (bezogen auf die Flächeneinheit) viel größere Belastungen erforderlich, um eine Empfindung auszulösen als die eben genannten. Zur Erregung einzelner Druckpunkte durch Reizhaare ist ein ähnlicher absoluter Druck nötig, wie bei einer kleinen Fläche, nämlich etwa $^1/_{30}$—$^1/_{40}$ g; er verteilt sich hier aber nicht auf ein volles Quadratmillimeter, sondern wirkt nur auf einen kleinen Bruchteil dieser Fläche, und würde, bezogen auf das Millimeter, mehrere Gramm, unter Umständen eine volle Atmosphäre (10 g pro qmm) und darüber betragen. Vermutlich beruht diese Verminderung der Empfindlichkeit darauf, daß die druckempfindenden Endapparate nicht gleich in der Oberfläche der Haut, sondern in einer gewissen Tiefe liegen und von der Epidermis bedeckt sind. Hierdurch wird eine gewisse Verbreiterung jeder Reizwirkung bedingt: ein auf die Oberfläche wirkender Druck wird nicht nur direkt nach unten, sondern auch nach den Seiten fortgepflanzt und also in seiner Wirkung auf die darunter liegenden Apparate geschädigt. Die Schädigung ist aber

offenbar verhältnismäßig viel bedeutender bei sehr kleinen als bei etwas größeren Druckflächen, da sich bei diesen die nach der Mitte der Fläche gerichteten Druckausbreitungen wieder summieren. Dementsprechend erfordert auch bei der Reizung einzelner Druckpunkte eine kleine Fläche (etwa von $^1/_2$ qmm Größe) die relativ geringste Belastung.[1]

Die andere eben erwähnte Tatsache, daß auch bei Ausdehnung einer Druckreizung auf sehr große Hautflächen eine Verminderung der Empfindlichkeit besteht, wird durch den *Meißnerschen Versuch* illustriert. Taucht man die Hand und den Arm in Wasser oder Quecksilber von derselben Temperatur wie die Haut, so empfindet man an der Grenzschicht zwischen Luft und Flüssigkeit, wegen der hier bestehenden Oberflächenspannung, eine Berührung. Aber den nach unten hin allmählich zunehmenden Druck im Inneren der Flüssigkeit empfindet man nicht, auch wenn er zu einer Atmosphäre und mehr gesteigert wird. Die Ursache dieser Erscheinung, die einer oben (S. 360) erwähnten Tatsache auf dem Gebiete des Temperatursinns gerade entgegengesetzt ist, ist unklar. Vielleicht beruht sie darauf (wie v. Frey vermutet), daß die Erregung der druckempfindlichen Elemente nicht direkt mechanisch, sondern durch eine chemische Vermittelung, nämlich durch eine Auspressung von Gewebsflüssigkeit geschieht, die durch die allseitige Kompression des eingetauchten Gliedes verhindert wird. Aber wie dem auch sei, jedenfalls erfolgt die Reizung jener Elemente am vorteilhaftesten durch kleine Flächen von einigen qmm Größe, womit sich die Gliederung unseres Haupttastorgans in einzelne Finger und die allseitige Abrundung der Fingerkuppen für die Druck- und Berührungsempfindlichkeit als besonders zweckmäßig erweist.

Bei längerer Einwirkung von Druckreizen tritt, wie bei Temperaturen und Gesichtseindrücken, ein allmähliches Schwächerwerden der Empfindungen ein, das unter Umständen mit ihrem völligen Unmerklichwerden endet. Das Anliegen der Kleider merkt man bekanntlich im allgemeinen nicht bei ruhiger Haltung der Glieder, sondern erst bei ihrer Bewegung.

---

[1] Wegen dieser Verhältnisse führt naturgemäß die Beziehung des Druckes von Reizhaaren auf die Flächeneinheit des Quadratmillimeters bei Haaren verschiedener Dicke nicht zu übereinstimmenden Resultaten. Die Haare mit größerem Querschnitt erweisen sich trotz der Gleichheit des auf 1 qmm berechneten Druckes stets als die wirksameren. Dagegen fand v. Frey eine gute Übereinstimmung der mit verschiedenen Haaren gewonnenen Resultate, wenn er den Druck jedes einzelnen nicht seiner Fläche, sondern seinem Radius proportional setzte, wenn er also z. B. berechnete, wieviele Haare von den Dimensionen eines bestimmten Exemplares auf die Länge eines mm gehen würden, und deren Gesamtdruck feststellte. Daher auch oben (S. 368) die Angabe der Kiesowschen Befunde in solchen Werten.

§ 31. Die Schmerzempfindungen.[1]

Was hier unter Schmerzempfindungen verstanden werden soll, nämlich die Eindrücke, die uns in ihrer einfachsten Gestalt (und unter Abstraktion von dem sie begleitenden Unlustgefühl) als Stich- und Schnittempfindungen bekannt sind, ferner die Gründe, weshalb diese Empfindungen als eine besondere Gruppe von den übrigen Hautempfindungen abzusondern sind, wurde alles oben bereits erwähnt (S. 354). Auch die bekannte Tatsache wurde kurz berührt, daß solche Schmerzempfindungen nicht nur durch Reizung der Haut, sondern ebenso durch Vorgänge in inneren Organen hervorgerufen werden. Wir haben also später (§ 36) noch einmal auf sie zurückzukommen und beschäftigen uns hier nur mit einigen die Hautschmerzen betreffenden Einzelheiten, deren freilich nicht viele bekannt sind.

Nach der Analogie von Temperatur- und Druckpunkten wird man erwarten, daß auch die Stichempfindung nicht schlechthin überall, auf jeder kleinsten Stelle der Haut, ausgelöst werden kann, sondern an bestimmte isolierte Punkte gebunden ist und auf anderen Hautstellen nur scheinbar, nämlich durch seitliche Ausbreitung des Reizes, entsteht.

In der Tat verhält es sich so, aber der einwandfreie Nachweis solcher isolierter und bloß mit Stichempfindungen reagierender *Schmerzpunkte* ist schwieriger als bei den anderen Sinnespunkten. Wenn man die Haut mit einer feinen Nähnadel abtastet, kann man fast auf allen Punkten Schmerz hervorrufen, falls man nur genügend stark drückt; auch empfindet man fast durchweg außer dem Stich noch die Berührung. Aber hierbei sind stets verhältnismäßig starke Drucke erforderlich; man überzeugt sich leicht, daß sie die Haut in einem ziemlich großen Umkreise in Mitleidenschaft ziehen, und es bleibt also fraglich, ob die hervorgerufenen Empfindungen durch direkte Reizung des berührten Hautpunktes oder durch indirekte Reizung von Druck- und Schmerzpunkten in seiner Umgebung zustande kommen.

Ähnlich wie bei den Druckpunkten muß man sich auch zur Auffindung der Schmerzpunkte nicht starrer, sondern elastisch nachgiebiger Reize bedienen, indem man z. B. feinste Nähnadelspitzen oder Pflanzenstacheln an kurze Stückchen Pferdehaar ankittet. Wenn man mit einer solchen Spitze von geeigneter Widerstandskraft die Haut absucht, die man etwa noch durch Reiben mit Natronlauge teilweise von ihrer Epidermis befreit hat, so wird man an einzelnen Punkten

[1] S. die S. 366 Anm. erwähnten Arbeiten von Griffing u. v. Frey. Ferner: A. Goldscheider, Über den Schmerz in physiol. und klinischer Hinsicht. 1894. Kiesow, Zur Psychophysiologie der Mundhöhle. Philos. Stud. 14 S. 567; 1898.

bloß die Berührung empfinden, an anderen bloß einen feinen Stich, an allen übrigen gar nichts. Allerdings scheint die Zahl der Stich empfindenden, d. h. also der Schmerzpunkte erheblich größer zu sein als die der Druckpunkte, wodurch auch die leichte Hervorrufung von Schmerz auf jeder beliebigen Hautstelle verständlich wird. Bei genauerer Aufnahme einer kleinen Stelle des Handrückens fand v. Frey z. B. 1—2 Schmerzpunkte pro qmm, während er von Druckpunkten nur etwa den achten Teil konstatieren konnte.

Wie bei den übrigen Sinnespunkten, so findet man übrigens auch bei den Schmerzpunkten mit stärkeren Reizen eine größere Anzahl als mit schwächeren: die Punkte haben also verschiedene Empfindlichkeit. Vielleicht sind auch einzelne Hautstellen vorwiegend mit Punkten größerer, andere vorwiegend mit Punkten geringerer Empfindlichkeit besetzt. Mit Reizen z. B., die auf dem Handrücken kaum irgendwo empfunden werden, lassen sich an den Lippen oder an den Schläfen noch sehr zahlreiche Schmerzpunkte nachweisen, wobei allerdings auch die verschiedene Dicke der Oberhaut auf den verschiedenen Hautgebieten von Bedeutung sein wird. Die schmerzempfindlichste Stelle der ganzen Körperoberfläche ist die Hornhaut des Auges. Hier werden durch äußerst schwache Reize, die sonst nirgendwo wirksam sind, z. B. durch das Aufsetzen eines mehrere Zentimeter langen feinsten Haares, schon Stichempfindungen hervorgerufen. Von Bedeutung für die Selbständigkeit dieser Empfindungen ist dabei die Tatsache, daß die Mitte der Hornhaut außer ihnen nichts weiter empfindet. Am Rande scheint sie noch der Kälteempfindung fähig zu sein, vermittelt aber auch hier weder Wärme- noch Berührungsempfindungen. Eine sich direkt entgegengesetzt verhaltende Stelle hat Kiesow auf der Backenschleimhaut entdeckt. Auf dieser findet sich etwa in der Mitte eine größere Fläche, die sich sowohl auf Nadelstiche wie auf elektrische Reizung als völlig schmerzfrei erweist, dabei aber gleichwohl Temperatur- und Druckempfindlichkeit besitzt.

Die an den Schmerzpunkten entstehende Stichempfindung hat einen eigentümlich ziehenden Charakter. Sie schwillt langsam an und klingt außerordentlich langsam wieder ab. Wird die Reizung der Haut kurz und stoßartig ausgeführt, so entsteht die Empfindung erst, nachdem die objektive Berührung bereits vorüber ist, und unter allen Umständen überdauert sie deren Ende um eine deutlich wahrnehmbare Zeit, bisweilen um einige Sekunden. Durch Reiben und Drücken der Haut läßt sich die Dauer dieser Nachempfindung anscheinend vermindern; vielleicht aber wird sie dabei nur durch andere Empfindungen übertönt. Das allmähliche Zustandekommen der Schmerzempfindung ist auch aus dem gewöhnlichen Leben bekannt. Beim Eintauchen der

Finger in sehr heiße oder sehr kalte Flüssigkeiten (die aber die Haut noch nicht verletzen) empfindet man die Temperatur ziemlich gleichzeitig mit der Berührung, der Schmerz aber hinkt deutlich nach. Ähnliches hat jedermann bei Schnittwunden oder anderen Verletzungen der Haut erlebt. In pathologischen Fällen, z. B. bei gewissen Rückenmarkserkrankungen, hat man gar Zwischenzeiten von mehreren Sekunden zwischen der Einwirkung eines Reizes und dem Auftreten des zugehörigen Schmerzes beobachtet.

Die äußeren Ursachen der Schmerzempfindung sind von vierfach verschiedener Art: starker Druck, extrem hohe oder extrem niedrige Temperaturen, elektrische und chemische Reizung. Daß für die mechanische und thermische Erregung von Schmerz verhältnismäßig hohe Intensitätsgrade der Reize erforderlich sind, hat die Verkennung des eigenartigen und selbständigen Charakters der Schmerzempfindungen wesentlich herbeigeführt; man betrachtete sie eben als gelegentliche Begleiterscheinungen der Tast- und Temperatureindrücke. Bei elektrischer Reizung genügen dagegen unter Umständen geringere Intensitäten zur Erzeugung der Schmerzempfindung, als zum Zustandekommen der Tastempfindung nötig sind. Stärkere thermische oder mechanische Reize liefern merkwürdigerweise bisweilen (z. B. bei sehr schneller Einwirkung) zwei aufeinander folgende Stichempfindungen, die durch ein Intervall von etwa 1 Sekunde voneinander getrennt sind. Als chemische Reize kommen mancherlei Säuren in Betracht, dann die in den Stacheln verschiedener Pflanzen und Insekten enthaltenen Substanzen, endlich die Absonderungen von Entzündungen und bösartigen Neubildungen. Ob alle diese Reize auf dieselben peripheren Nervenendigungen wirken, oder ob hier wieder Sonderungen bestehen (also bestimmte Nervenfasern für den durch Druck, andere für den durch Temperaturen hervorgebrachten Schmerz), ist unbekannt.

Genauere Feststellungen über die Abhängigkeit der Schmerzempfindung von der Intensität jener Reize *(Algesimetrie)* sind bisher fast nur für Druckreize versucht worden. Nach v. Frey wird eine Belastung der Haut eben als schmerzhaft empfunden, wenn sie berechnet auf 1 qmm etwa 20—50 g beträgt, sodaß die Schmerzschwelle rund tausendfach höher wäre als die Druckschwelle. Auf der Bindehaut des Auges genügte indes bereits der dritte Teil dieser Werte. Bei Änderungen der Größe der drückenden Fläche innerhalb einiger qmm änderten sich (entgegen dem Befunde bei Druckreizen) die Schwellenbelastungen proportional den Flächen, was eine relativ oberflächliche Lage der Schmerznervenenden wahrscheinlich macht. Es kam also nicht darauf an, ob die Prüfung mit etwas feineren oder stumpferen Spitzen geschah; bei Berechnung auf die Flächeneinheit ergab sich

stets ungefähr derselbe Wert für die Schmerzschwelle. Griffing, der mit etwas größeren Flächen operierte als v. Frey, fand im ganzen ähnliche Schwellenwerte. Wenigstens an den empfindlicheren Körperstellen, wie am Kopf und anderen über Knochen gelegenen Hautpartien. An den unempfindlicheren dagegen, wie dem Rücken und der Haut über den Hand- und Beinmuskeln, stiegen die Schwellenbelastungen auf mehr als 100 g auf 1 qmm. Bei Frauen und Kindern fanden sie sich etwas geringer als bei Männern.

§ 32. Kinästhetische Empfindungen.[1]

1. Ihr Organ. Man denke sich, man solle ohne hinzusehen einen auf dem Tisch stehenden Gegenstand von unbekannter Schwere in einem gewissen Rhythmus und senkrecht etwa bis zu Ellenbogenhöhe emporheben und dann wieder niedersetzen. Jedermann ist dazu ohne weiteres imstande. Er sieht sich die ungefähre Lage des bezeichneten Objektes auf dem Tische an, wendet den Blick weg, greift suchend in die vorgemerkte Gegend und vollzieht dann, wenn er den Gegenstand erst gefaßt hat, ohne Besinnen die gewünschte Hebung. Gleichwohl ist die ganze Leistung eine ziemlich verwickelte. Um den Gegenstand ordentlich zu fassen, muß man der Hand eine gewisse Bewegungsrichtung und den Fingern eine gewisse Lage zueinander geben. Da das zu hebende Gewicht unbekannt ist, muß man es erst schnell ausprobieren, um danach die anzuwendende Kraft zu bemessen und die Bewegungsgeschwindigkeit mit dem verlangten Rhythmus in Einklang zu bringen. Beim Niedersetzen des Gegenstandes ist jener Kraftaufwand wieder anders zu wählen, da jetzt die natürliche Abwärtsbewegung des Armes und seiner Belastung nicht mehr ganz überwunden, sondern nur etwas gehemmt zu werden braucht. Die senkrechte Hebung endlich sowie die innezuhaltende Höhe bedingen eine fort-

[1] G. E. Müller, Grundlegung der Psychophysik, § 108—111; 1878. G. E. Müller und F. Schumann, Über die psychologischen Grundlagen der Vergleichung gehobener Gewichte. Pflügers Arch. 45 S. 27; 1889. W. James, The Feeling of Effort; Boston, 1880. Principles of Psychology II Ch. 26. Ch. Bastian, The Muscular Sense; Its Nature and Cortical Localisation, Brain 10 (Teil 37) S. 1; 1887. A. Goldscheider, Über den Muskelsinn und die Theorie der Ataxie. Zeitschr. f. klin. Medicin 15 S. 82; 1889. Untersuchungen über den Muskelsinn. Du Bois' Archiv 1889, S. 369; Suppl. Bd. S. 141. Beide Arbeiten abgedruckt in den Ges. Abhandl. Bd. II; 1898. E. Jacobj, Untersuchungen über den Kraftsinn. Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol. 32 S. 49; 1893. Lillie J. Martin und G. E. Müller, Zur Analyse der Unterschiedsempfindlichkeit. 1899. Pillsbury, Does the Sensation of Movement originate in the Joint? Am. Journ. of Psychol. 12 S. 346; 1901.

währende Regelung der relativen Lage von Hand, Unterarm und Oberarm zueinander.

Um aber alle diese Dinge, die Lage der Glieder zueinander, ihre Bewegungsrichtung und Bewegungsgeschwindigkeit, sowie die zur Überwindung der Schwere aufzuwendende Kraft, bewußt — wie es doch der Fall ist — überwachen und regulieren zu können, muß man sie zunächst jedenfalls selbst irgendwie im Bewußtsein haben und bemerken. Es fragt sich, wie kommen wir dazu? welches Organ ist für uns die Quelle solcher *Lage-*, *Bewegungs-*, *Schwere-*, *und Kraftempfindungen*? Da das Gesicht der Voraussetzung nach ausgeschlossen ist, so könnte von den bisher besprochenen Sinnesorganen nur die Haut in Betracht kommen; die fraglichen Empfindungsinhalte müßten irgendwie kombinierte Druck- und Berührungsempfindungen sein. So hat man die Sache in der Tat bis in das 19. Jahrhundert hinein angesehen, indem man die Vermittelung jener Eindrücke einfach den mancherlei anderen Leistungen des „Gefühlssinnes“ zurechnete. Daran ist einiges Richtige. Der gehaltene Gegenstand drückt gegen die Hand und die Finger; an der Beugeseite der Gelenke wird die Haut in Falten gelegt, die einander teilweise berühren, an der Streckseite wird sie gespannt und fester gegen die Unterlage gezogen; hie und da verschieben sich die Kleidungsstücke und scheuern auf der Haut.

Dennoch sind Hautempfindungen nicht das einzig, ja nicht einmal das wesentlich Beteiligte bei dem Vorgang. Wenn man den Gegenstand mit aller Gewalt in die Hand preßt oder ihn fest an diese anschnürt, sodaß sein Druck gegen die Haut auf das Zehnfache gesteigert wird, so wird dadurch die Schwereempfindung beim Heben nicht nennenswert alteriert. Ebensowenig wenn man umgekehrt die Haut an den gedrückten Stellen durch Ätherbespritzung mehr oder weniger unempfindlich macht. Wenn man ferner alle scheuernden Bekleidungsgegenstände entfernt und zugleich die Hebung in ihrer Exkursionsweite so beschränkt, daß von Faltungen und Dehnungen der Haut nach verständigem Ermessen keine Rede sein kann, — das deutliche Bewußtwerden einer kleinen Bewegung und der durch sie herbeigeführten neuen Lage des Armes wird dadurch nicht getrübt. So ist denn auch in pathologischen Fällen reiner Hautanästhesie das Bewußtsein von der Lage der Glieder und die Fähigkeit zu geordneten Bewegungen mit ihnen ungestört erhalten.

Solche und ähnliche Beobachtungen veranlaßten vor einigen Menschenaltern Physiologen und Psychologen (Bell, Th. Brown, E. H. Weber), nach einem anderen Organ für die Vermittelung der Bewegungs- und Kraftempfindungen auszuschauen, und sie glaubten

dies in den willkürlichen Muskeln zu finden. Die Muskeln, so argumentierte man, besitzen zweifellos sensible Nervenfasern, da ja die Empfindungen von Ermüdung, Krampf, Reißen nur durch Reizung von solchen verursacht gedacht werden können. Ist das aber der Fall, so werden diese Nerven auch durch die verschiedenen Kontraktionsgrade und Spannungszustände der Muskeln irgendwie erregt werden müssen, und das Resultat dieser Einwirkungen für das Bewußtsein sind eben die Lage-, Bewegungs- und Kraftempfindungen. Diese Annahme fand rasche und fast allseitige Zustimmung; man bezeichnet seitdem jene Sensationen auch heute noch meist als *Muskelgefühle* oder *Muskelempfindungen*. In den sechziger und siebziger Jahren wurden die bis dahin nur vermuteten sensiblen Nervenfasern der Muskeln durch Kölliker und C. Sachs wirklich nachgewiesen und damit der Theorie von der objektiven Seite her eine tatsächliche Unterlage gewonnen.

Aber auch subjektiv ist mit der Ansetzung solcher Muskelempfindungen ganz unzweifelhaft etwas Richtiges getroffen. Wenn man ausgiebige und kräftige Bewegungen ausführt, namentlich auch wenn man einen Muskel spielen, d. h. kurze Zuckungen machen läßt, ebenso wenn man die ganze Muskulatur eines Gliedabschnittes, z. B. des Unterarms, willkürlich zu anhaltender Kontraktion bringt, so nimmt man zweifellos da, wo die beteiligten Muskeln liegen, etwas wahr, nämlich eigentümliche diffuse Spannungen oder Pressungen. Ganz ihrem Charakter entsprechend und ohne Rücksicht auf ihre Verursachung hat man diesen Eindrücken den Namen *Spannungsempfindungen* beigelegt. Teilweise rühren sie sicherlich davon her, daß die sich kontrahierenden Muskeln von innen her einen Druck auf die Haut oder durch ihre Verschiebung einen seitlichen Zug auf sie ausüben. Aber das ganze Erlebnis hierauf, d. h. also auf Hautempfindungen, zurückführen zu wollen, scheint bei einer unbefangenen Prüfung doch nicht anzugehen; einen erheblichen Beitrag dazu liefern unverkennbar auch unter der Haut liegende Organe: soviel sich beurteilen läßt, hauptsächlich die Muskeln. Vermutlich sind aber auch ihre Hilfsapparate bei der Sache beteiligt, die sie bedeckenden Faszien und die Sehnen nebst den Sehnenscheiden. Denn mit Nervenfasern und eigentümlichen Endorganen an deren letzten Verzweigungen sind alle diese gleichfalls ausgestattet, und die Annahme erscheint fast notwendig, daß solche nervösen Gebilde bei einer Muskelkontraktion durch Zug oder Reibung auch gereizt werden müssen.

Gleichwohl jedoch können auch diese Spannungsempfindungen nicht den eigentlich charakteristischen oder doch nicht den ganzen Inhalt der vorhin erörterten Wahrnehmungen ausmachen. Mit den Empfindungen von Lage und Bewegung rein als solchen (d. h. abge-

sehen von einem etwa gleichzeitigen Anstrengungsbewußtsein) haben sie wahrscheinlich gar nichts zu tun. Schon die allgemein bekannte Tatsache spricht dagegen, daß man die jeweiligen Stellungen und Bewegungen eines Gliedes nicht nur dann bemerkt, wenn man sie selbst aktiv hervorbringt, sondern auch dann — und zwar ungefähr ebensogut — wenn man sie bei völlig passivem Verhalten durch einen anderen bewirken läßt. Denn eine Reizung der sensiblen Muskel- und Sehnennerven bei bloßen Verschiebungen der schlaffen Muskeln kann wohl kaum in Betracht kommen. Ferner sind Kranke zur Beobachtung gelangt mit hochgradig atrophierten und in keiner Weise mehr zur Kontraktion zu bringenden Muskelgruppen, welche gleichwohl die Stellungen der von diesen Muskeln versorgten Glieder und die passiv mit ihnen angestellten Bewegungen unbeeinträchtigt wahrzunehmen vermochten. Endlich ist folgendes zu erwägen. Zwischen den Lagen und Bewegungsgrößen eines Gliedes einerseits und den Kontraktions- und Spannungszuständen der es bewegenden Muskeln andererseits besteht gar kein genügend eindeutiger Zusammenhang, um das Bewußtsein der einen auf die von den anderen hervorgebrachten nervösen Erregungen zu gründen. Ein und dieselbe Haltung des Armes ist je nach seiner Belastung oder auch je nach dem jeweiligen Ermüdungszustande bald mit solchen, bald mit anderen Muskelspannungen verbunden, manifestiert sich aber für die Seele stets in der gleichen Lageempfindung. Bewegungen eines Gliedabschnitts um eine gleiche Winkelgröße sind stets annähernd von gleichem Wert für das Bewußtsein; aber je nachdem sie aus der Streckstellung oder aus irgend einer Beugestellung des Gliedes erfolgen, sind die dabei stattfindenden Muskelkontraktionen und deren Veränderungen sehr verschieden. Man müßte ein sehr umfassendes und verwickeltes System von Erfahrungskorrekturen und Umdeutungen der „reinen" Spannungsempfindungen voraussetzen, um diese Tatsachen mit ihrer Hilfe verständlich zu machen.

Ganz entsprechendes gilt für die Empfindung der Schwere und die ihr gleichartige Widerstandsempfindung[1]. Eine bestimmte objek-

[1] Eine Unterscheidung dieser beiden als besonderer Arten von Empfindungen, wie man sie vielfach gemacht findet, scheint mir in psychologischer Hinsicht nicht gerechtfertigt. Ihre Verschiedenheit beruht nicht auf qualitativen Unterschieden der Empfindungen selbst, sondern auf Nebenumständen. Von Schwere sprechen wir, wo wir mit der Überwindung einer nach unten, zur Erde hin gerichteten Kraftwirkung zu tun haben, von Widerstand im allgemeinen bei allen übrigen Kraftrichtungen. Weshalb wir jenen an sich singulären Fall durch einen besonderen Namen auszeichnen, liegt auf der Hand: er kommt unendlich häufig vor und besitzt daher praktisch für uns eine besondere Wichtigkeit. Natürlich

tive Last macht stets annähernd den Eindruck gleicher Schwere, ob man sie mit etwas mehr gebeugtem oder etwas mehr gestrecktem Arm hält, ob man die Finger bei der Hebung möglichst locker läßt oder die Faust krampfhaft zusammenballt. Die Zustände in den Muskeln und Sehnen des Armes aber und mithin die von ihnen abhängigen Spannungsempfindungen können in diesen verschiedenen Fällen beträchtlich verschieden sein; dem subjektiven Eindruck der Schwere muß also noch eine anderswo stattfindende nervöse Erregung zu Grunde liegen.

Von wesentlicher Bedeutung können die Spannungsempfindungen somit nur für das sein, was noch übrig bleibt, und das sind Empfindungen von Anstrengung und Kraftaufwand. Wenn man die bei einer aktiven und kräftigen Gliederbewegung zur Wahrnehmung kommenden Eindrücke sorgfältig prüft, so findet man nicht nur ein Bewußtsein der Bewegung, als der Zurücklegung einer Wegstrecke, der durch sie erreichten Endlage des Gliedes und etwa noch des bei dem Vorgange überwundenen Widerstandes, sondern außerdem noch etwas eigenartig Anderes, nämlich eben die Anstrengungsempfindung. Sie ist besonders deutlich bei der Hebung von Gewichten größerer Schwere, bei der energischen Ausübung von Druck auf Gegenstände, die nicht weichen, oder von Zug an Gegenständen, die nicht nachgeben wollen, ferner bei der Leistung von Widerstand im Ringen mit einem Gegner. Man könnte geneigt sein, sie mit der Schwere- und Widerstandsempfindung für identisch zu halten. Allein beide, obwohl einander stets begleitend, sind doch in gewissen Grenzen unabhängig voneinander veränderlich und müssen daher auseinander gehalten werden. Wenn man eine Wasserflasche einmal in gewöhnlicher Weise und ein anderes Mal mit krampfhafter Innervation der ganzen Hand- und Armmuskulatur in die Höhe hebt, so hat man im zweiten Falle den Eindruck einer etwas geringeren Schwere, aber zugleich den einer größeren Anstrengung in dem hier gemeinten Sinne. Von großer

---

ist nun je nach der Richtung der zu überwindenden Kraft die Druckverteilung und sonstige Reizwirkung auf der Haut und in den übrigen beteiligten Organen jedesmal eine andere und also auch das bewußte Erlebnis immer ein etwas verschiedenes. Aber die Verschiedenheit betrifft nur die Kombination der Empfindungen: qualitativ sind die Glieder der jeweiligen Empfindungskomplexe völlig gleichartig. Und bisweilen besteht überhaupt kein anderer Unterschied als in reinen Äußerlichkeiten. Wenn wir einen Handgriff gegen die Kraft einer aufwärts wirkenden Spiralfeder niederdrücken, so sprechen wir von der Überwindung eines Widerstandes und von Widerstandsempfindungen. Wenn aber von demselben Handgriff eine Schnur nach oben über eine Rolle läuft, die am anderen Ende ein Gewicht trägt, so bezeichnen wir die gleiche Abwärtsbewegung als Hebung einer Last und haben demnach Schwereempfindungen.

Bedeutung sind diese Anstrengungs- oder Kraftempfindungen für das eigenartige Bewußtsein von Tätigkeit, Aktivität, Verursachung, das uns erst später beschäftigen kann. Sie bilden seinen letzten, unmittelbar sinnlich erlebten Kern. Und als ihr Organ also werden in der Tat die Muskeln und Sehnen betrachtet werden können.

Ist dem aber so, ist die Bedeutung der Muskeln für die uns hier beschäftigenden Empfindungen auf die genannte eine Gruppe beschränkt, so kann auch das Wort Muskelempfindungen nicht mehr in dem ihm ursprünglich beigelegten umfassenderen Sinne beibehalten werden; man kann es höchstens als eine Art Wechselbegriff für Spannungs- oder Anstrengungsempfindungen verwenden. Gleichwohl ist es zweckmäßig, auch einen gemeinsamen Namen für den ganzen Empfindungskomplex zu besitzen. Da nun dessen Entlehnung von den vermittelnden Organen die Benennung, je nach weiteren Fortschritten unserer Einsicht, dem Wechsel aussetzt, jedenfalls auch sehr umständlich ausfallen würde, so hat man vorgeschlagen, hiervon ganz abzusehen und die sämtlichen Empfindungen, die im Zusammenhange mit Gliederbewegungen auftreten, als Empfindungen eines Bewegungssinnes oder *kinästhetische* Empfindungen zu bezeichnen (Ch. Bastian). Der Ausdruck mag nicht ganz glücklich gewählt sein; da er begonnen hat sich einzubürgern, soll er auch hier gelegentlich gebraucht werden.

Längere Zeit hindurch wurde von zahlreichen Forschern die Ansicht vertreten, daß die den Schwere- und Anstrengungsempfindungen zugrunde liegende nervöse Erregung (außer einer etwaigen Mitbeteiligung der sensibeln Muskelnerven) in dem von den Zentralorganen ausgehenden motorischen Impuls zu suchen sei, also in der in der Regel eine Muskelkontraktion bewirkenden zentralen Innervation, unabhängig davon, ob sie eine periphere Veränderung hervorbringe oder nicht. Man würde sich dies dann am besten so denken, daß die in den subkortikalen motorischen Zentren entstehenden Erregungen nicht nur nach außen, zu den Muskeln, abgeleitet, sondern zugleich auch nach oben, zur Großhirnrinde, sozusagen gemeldet werden und dadurch zu jenen eigenartigen Empfindungen Anlaß geben. Für diese Annahme, in deren Sinne man die Kraftempfindungen folgerichtig als *Innervationsempfindungen* bezeichnete, machte man verschiedene Gründe geltend. Bain z. B. fand, daß ohne eine solche Hypothese der fundamentalste Unterschied innerhalb des geistigen Lebens, nämlich der Unterschied zwischen bloß passiver Aufnahme von Erregungen und aktivem Energieaufwand, jeder physiologischen Grundlage beraubt sei. Beweiskräftiger und in der Tat überhaupt am beweiskräftigsten war die Heranziehung pathologischer Erfahrungen (E. H. Weber, Wundt in den beiden ersten Auflagen seiner Physiol. Psychologie). Man findet z. B. bei Kranken, denen ein Bein ganz oder teilweise gelähmt ist, daß sie bei einem Versuch, das Glied zu heben, zwar eine wirkliche Bewegung gar nicht oder nur unvollkommen zustande bringen, sich dabei aber ihrer Anstrengung sowie der schweren Last des unfolgsamen Gliedes sehr deutlich bewußt werden. Bei isolierter Lähmung des Muskels, der die Außenwendung des Auges bewirkt, tritt noch eine eigentümliche Täuschung hinzu. Bei dem Versuch, mit dem kranken Auge (und am einfachsten

unter Verschluß des gesunden) nach auswärts zu blicken, scheinen dem Patienten, dessen Auge tatsächlich unbeweglich stehen bleibt, die Gegenstände nach derselben Seite zu rücken, nach der er sehen wollte. Offenbar hat er irgendwoher das Bewußtsein, die gewollte Bewegung wirklich ausgeführt zu haben, und kann nun damit das Stehenbleiben der Gesichtsbilder nicht anders in Einklang bringen, als daß er sie seiner vermeinten Blickbewegung folgen sieht. Von einer durch periphere Reize verursachten nervösen Erregung scheint in derartigen Fällen keine Rede sein zu können, und das legt in der Tat den Gedanken an ein Bewußtwerden der zentralen Innervationsvorgänge nahe, auch wenn sie infolge einer peripheren Störung nach außen hin resultatlos bleiben.

Gleichwohl ist die Realität solcher Innervationsempfindungen als einer eigenartigen und selbständigen Klasse von Eindrücken neben den Haut-, Muskel- u. a. Empfindungen höchst fraglich. Die pathologischen Fälle lassen durchweg auch andere Erklärungen zu. Erstens nehmen Kranke, die die beabsichtigte Bewegung eines Gliedes nicht erfolgen sehen, in mannigfacher Weise Mitbewegungen anderer Glieder zu Hilfe und suchen durch diese den gewollten Zweck irgendwie zu erreichen. Um ein gelähmtes Bein z. B. zu heben, wird der Oberkörper auf die andere Seite geneigt und das Bein im Hüftgelenk etwas in die Höhe gezogen, unwillkürlich wird vielleicht noch der Atem angehalten, die gesunde Faust geballt, nach Gegenständen der Umgebung gegriffen u. dergl. Alle diese Bewegungen und Anstrengungen aber kommen natürlich zum Bewußtsein, und da ihre Sonderung vielfach sehr schwierig ist, für den Kranken auch gar kein Interesse hat, so werden sie zum Teil auf das gelähmte Glied bezogen, von dem solche Eindrücke ja sehnlichst erwartet werden. Bei Bewegungsversuchen eines gelähmten Auges findet eine solche Mitbewegung unter allen Umständen statt, nämlich seitens des anderen, gesunden Auges, und daß die vorhin beschriebene Scheinbewegung nicht auf dieser tatsächlichen und auch empfundenen Mitbewegung, sondern auf der erfolglosen, aber doch zum Bewußtsein kommenden Innervation beruhe, ist noch nicht einwandfrei dargetan.

Zweitens kommt für die vermeintlichen Innervationsempfindungen folgendes in Betracht. Das Bewußtsein von Kraftaufwand und Bewegung ist unter Umständen gar nicht Empfindung im eigentlichen Sinne, d. h. etwas den durch Sinnesreizung verursachten Gesichts- oder Gehörseindrücken Verwandtes, sondern besteht lediglich in illusionsartig lebhaften Erinnerungsvorstellungen. Sehr instruktiv hierfür sind Fälle von sog. Verlust des Muskelbewußtseins, einer mehrfach beobachteten Teilerscheinung hysterischer Erkrankung. (Eingehende Beschreibung eines Falles und Diskussion der früheren Berichte z. B. bei Pick, Über die sog. Conscience musculaire; Zeitschr. für Psychol. 4 S. 161.) Es handelt sich dabei um Kranke mit ausgebreiteten Anästhesien, die infolge davon zur Ausführung von Bewegungen der steten Kontrolle des Gesichtssinnes bedürfen. Solange sie die zu bewegenden Gliedmaßen ansehen, vermögen sie sie in normaler Weise zu bewegen, sobald man ihnen aber die Augen verschließt, erscheinen sie ganz oder teilweise wie gelähmt. Dabei aber — und darauf kommt es hier an — sind sie vollkommen überzeugt, auch bei Augenschluß jede von ihnen verlangte Bewegung richtig auszuführen, und zeigen sich sehr erstaunt, wenn sie nach Freigabe der Augen die Glieder in anderer Lage finden, als der geforderten Bewegung entspricht. Eine Erklärung dieses Bewußtseins der vollzogenen Bewegung durch Innervationsempfindungen ist hier offenbar nicht möglich. Denn der motorische Apparat der Kranken ist intakt; wenn sie hinsehen, funktioniert er. Solange er also nicht funktioniert, wird er überhaupt nicht in Anspruch genommen, d. h. es findet gar keine Innervation statt. Und da nun auch

periphere Empfindungen fehlen, so bleibt nichts anderes übrig, als daß jenes Bewegungsbewußtsein bloß in kinästhetischen und vielleicht optischen Erinnerungsbildern bestehe.

Einer Annahme von Innervationsempfindungen zur Erklärung der Eigentümlichkeiten pathologischer Fälle bedarf es mithin nicht; sie erweisen sich hier als überflüssig. Von Tatsachen, die sonst wohl für sie angeführt werden könnten, ist noch diese erwähnenswert. Man findet die Unterschiedsempfindlichkeit für gehobene Gewichte nicht unerheblich feiner, wenn die Gewichte in gewöhnlicher Weise willkürlich gehoben werden, als wenn die Hebung durch direkte elektrische Reizung der beteiligten Muskeln bewirkt wird. Man könnte also daran denken, daß es der Wegfall der Innervation und damit eben der Innervationsempfindungen sei, was bei der künstlichen Hebung die Abstumpfung verschulde. Allein dieser Schluß wäre ein ziemlich voreiliger. Die in Anspruch genommenen Muskeln sind in beiden Fällen nur teilweise dieselben, die Art ihrer Beanspruchung ist eine ganz andere, durch die elektrische Reizung werden allerlei störende Nebenempfindungen hervorgebracht; kurz, die näheren Umstände sind bei beiden Versuchen so verschiedenartige, daß sich zugunsten von Innervationsempfindungen nichts Sicheres aus ihnen folgern läßt.

Außerdem aber sprechen nun weitere Tatsachen direkt und entschieden gegen ihre Wirklichkeit. So z. B. pathologische Fälle von anderer als der vorhin erwähnten Art. Man hat Kranke beobachtet, welche, wiederum infolge peripherer Anästhesien, bei der Ausführung willkürlicher Bewegungen allerlei Mitbewegungen und falsche Bewegungen hervorbrachten, dabei aber ohne hinzusehen von diesen durchaus nichts wußten, oder auch von dem Umfange und der Energie der richtig ausgeführten Bewegungen ohne Kontrolle des Gesichts gar keine Kenntnis hatten. Da die Bewegungen tatsächlich erfolgen, werden sie auch innerviert; die zentralen Impulse gehen also ungestört von statten. Wenn nun gleichwohl ein Bewußtsein ihrer Wirkungen fehlt, so kann es nicht der Innervationsvorgang selbst schon sein, durch den dies vermittelt wird.

Ferner gehört hierher eine bemerkenswerte und neuerdings mehrfach näher untersuchte Gewichtstäuschung (s. z. B. Dresslar, Amer. Journ. of Psychol. 6 S. 343; Flournoy, Année psychol. 1 S. 198; Seashore, Stud. from the Yale Psychol. Lab. 3 S. 1). Wenn man mehrere Gegenstände von objektiv gleichem Gewicht aber verschiedener Größe heben und nach ihrer Schwere beurteilen läßt, so werden allemal die kleineren für schwerer gehalten als die größeren. Die Täuschung ist bei starken Größeverschiedenheiten sehr beträchtlich; man muß unter Umständen die größeren Gegenstände doppelt so schwer machen als die kleineren, damit sie diesen gleich erscheinen. Sie ist auch sehr hartnäckig. Man kann von der objektiven Gleichheit der Gewichte vollkommen unterrichtet sein und hat dennoch subjektiv mit größter Entschiedenheit den beschriebenen Eindruck; manche Personen sind geneigt, eher der Wage zu mißtrauen als ihrer absolut sicher erscheinenden Beurteilung. Der etwaige Einwand, daß hierbei die kleineren Gegenstände auf eine weniger ausgedehnte Hautfläche drückten, also sozusagen eine konzentriertere Schwerewirkung ausübten als die größeren, ist leicht zu beseitigen. Auch wenn man die Gegenstände in genau gleicher Weise mit der Haut in Berührung bringt oder sie z. B. an einem Faden in die Höhe hebt, bleibt die Täuschung bestehen. Bedingung für sie ist nur, daß man vor der Hebung der Gegenstände einen deutlichen Eindruck von ihrer Größeverschiedenheit gewinnt, sei es durch Hinsehen, sei es dadurch, daß man sie abtastet. Damit ist auch die Erklärung der Erscheinung gegeben. Die Wahrnehmung der verschiedenen Größe ruft auf Grund der bisher im allge-

meinen gemachten Erfahrungen die Vorstellung hervor, daß die größeren Dinge auch die schwereren seien. Infolgedessen hebt man sie mit einem stärkeren Impuls als die kleineren. Bei der objektiven Gleichheit der Gewichte aber fliegen dadurch sozusagen die größeren Gegenstände in die Höhe, während die kleineren an der Unterlage kleben, und die Wahrnehmung dieses Effektes wird nun mitbestimmend für die Beurteilung ihrer Schwere. Dabei aber haben nun offenbar jene motorischen Impulse selbst für das Bewußtsein gar keine Bedeutung. Denn wenn sie es wären, die den Eindruck der Schwere bedingten oder auch nur wesentlich mitbedingten, so müßten ja die größeren Gegenstände als schwerer und die kleineren als leichter empfunden werden, gerade umgekehrt wie es sich tatsächlich verhält.

Mit alledem aber soll nun keineswegs behauptet werden, daß die von den Zentralorganen ausgehenden motorischen Innervationen für das Bewußtsein schlechthin bedeutungslos wären. Aber ich glaube, Bedeutung haben nicht sowohl die in den subkortikalen Zentren als vielmehr die in der Großhirnrinde stattfindenden Innervationen. Die Erregungen bestimmter Zellengruppen, in denen sie bestehen, assoziieren sich naturgemäß mit anderen gleichzeitigen Erregungen, wie sie z. B. durch die die Bewegung begleitenden sinnlichen Eindrücke in der Rinde hervorgerufen werden (S. 154). Ist nun eine bestimmte Innervation mit einem bestimmten sinnlichen Eindruck r e g e l m ä ß i g o d e r d o c h s e h r h ä u f i g verbunden, so wird jene Assoziation allmählich eine sehr feste, und hinterher wird dann die Wiederkehr der Innervation, die als solche zu keiner eigenartigen Empfindung Anlaß gibt, doch eine Vorstellung jenes begleitenden Eindrucks zu wecken vermögen. Weiteres hierüber bei der Erörterung der Wahrnehmungsvorgänge im zweiten Bande.

Weder die Haut, noch Muskeln und Sehnen, noch endlich die innervierenden Nervenzentren können nach dem Gesagten als die eigentlichen oder alleinigen Organe der kinästhetischen Empfindungen betrachtet werden; es fragt sich, was dann für sie noch übrig bleibt. Schon vor längerer Zeit wurde von Nervenpathologen (u. a. L e y d e n, D u c h e n n e) auf eine Beteiligung der G e l e n k e hingewiesen, und seit 20 Jahren etwa ist die Vermutung, daß man in diesen die hauptsächlichsten peripheren Organe unserer Empfindungsgruppe zu erblicken habe, zu großer Wahrscheinlichkeit gebracht worden. Namentlich durch die Untersuchungen G o l d s c h e i d e r s. Dieser prüfte die Wahrnehmungsfähigkeit für Bewegungen und Hebungen in verschiedenen Gelenken, indem er dabei bald die Hautpartien, an denen die zu bewegende Last angriff, bald die betreffenden Gelenke von Induktionsströmen durchsetzen ließ und dadurch ihre Empfindlichkeit herabsetzte. Es zeigte sich, daß sowohl das Bewußtsein der Schwere, wie namentlich das der Lage und Bewegung der Glieder durch Faradisation der Gelenke in viel stärkerem Maße beeinträchtigt wurde als durch Faradisation der Haut. Wurden z. B. die beiden letzten Glieder des Zeigefingers passiv gegen die Grundphalange gebeugt, so fand sich in zwei Fällen eine Bewegung von durchschnittlich 1,48° und 1,57° als ebenmerkliche Gelenkexkursion. Bei elektrischer Durchströmung des be-

wegten Halbfingers blieb dieser Wert unverändert, 1,50°. Durchsetzten die Induktionsströme dagegen das erste Interphalangealgelenk, in dem die Beugung erfolgte, so wurde durchschnittlich erst eine Gelenkexkursion von 2,68° als ebenmerklich empfunden. Hatten die bewegten Fingerglieder zugleich ein kleines Gewicht zu heben, so entstand eine Schwereempfindung bereits bei einer Belastung von 8 Gramm. Bei starker Faradisation des Halbfingers, an dem das Gewicht zog, stieg dieser Wert auf 30 g, bei gleicher Behandlung des benutzten ersten Interphalangealgelenks dagegen auf 75 g. Durchweg zeigte sich somit die Gelenksensibilität als das für die Lage-, Bewegungs- und Schwereempfindungen wesentlich und vorwiegend in Betracht kommende.

Damit stimmt die unbefangene Beobachtung ganz überein. Wenn man ohne hinzusehen einen Finger oder die Hand langsam hin- und herbewegt und sich fragt, wo man dabei etwas empfinde, so wird man unzweifelhaft antworten: in der Gegend des benutzten Gelenkes. Man spürt hier, wenigstens nach dem Eindruck, den ich selbst davon habe, deutlich etwas wie eine leichte Reibung auf einer glatten Fläche. Da wo die tätigen Muskeln liegen, empfindet man dagegen kaum etwas; erst bei ausgiebigen und kräftigen Bewegungen treten hier, wie vorhin erörtert, Empfindungen auf, die aber anderer Art sind als die in das Gelenk lokalisierten. Bewegt man den Arm einmal frei hin und her und dann, indem man zugleich einen Gegenstand von mäßiger Schwere in der Hand hält, so wird jene Gelenkempfindung deutlich sozusagen fester oder härter. Es ist ähnlich, wie wenn man mit einem Finger einmal leicht und ein andermal mit einem gewissen Druck über eine Hautstelle streicht.

Daß die Gelenke Nerven besitzen, die sie zu den ihnen hier zugeschriebenen Empfindungsleistungen befähigen, wurde oben schon einmal erwähnt. In erster Linie ist es bei jedem Gelenk die umgebende Gelenkkapsel, die reichlich mit ihnen ausgestattet ist. Die Endigungen dieser Kapselnerven sind, besonders an den Beugeseiten der Gelenke, verhältnismäßig dicht mit Vaterschen Körperchen (S. 351) besetzt, mit Gebilden also, die unzweifelhaft irgend eine verstärkende Übertragung äußerer Zug- und Druckreize auf die Nervenendigungen besorgen. Außerdem aber sind auch die Knochen selbst mit Nerven versehen, und es müssen namentlich die in dem Gelenk zusammenstoßenden Knochenenden (unter der sie bedeckenden Knorpelschicht) als sensibel betrachtet werden. Wenigstens gelang es Goldscheider, von ihnen aus durch entsprechende Reizung deutliche Reflexbewegungen hervorzurufen. Bei den verschiedenen Haltungen und Bewegungen der Glieder müssen somit in den beteiligten Gelenken durch Reibung, Zug und Druck mannigfache nervöse Reizungen stattfinden. Wie man

sich deren Beziehungen zu den verschiedenen kinästhetischen Empfindungen wohl zu denken habe, soll sogleich noch berührt werden.

Eine Schwierigkeit könnte unserer Annahme daraus zu entstehen scheinen, daß man doch auch die Bewegungen solcher Organe wahrnimmt, die nicht durch Gelenke mit dem übrigen Körper verbunden sind, wie z. B. Auge, Zunge, Mund. Indes erwächst ihr bei näherer Betrachtung hieraus vielmehr eine Unterstützung. Die Lagen und Bewegungen der Zunge z. B. sind unmittelbar als solche außerordentlich wenig merkbar; soweit sie sich dem Bewußtsein verraten, geschieht es indirekt, durch Berührung der Zähne und der Mundschleimhaut oder durch Dehnungen und Pressungen der Zungenhaut, also durch Hautreizungen. Wenn man diese, z. B. durch Zurückziehen der Zunge möglichst vermeidet (oder doch von ihnen absieht) und Zungenbewegungen vor einem Spiegel macht, wird man erstaunt sein, wie ausgiebige Rollungen und Wälzungen man vornehmen kann, verglichen mit Bewegungen in einem Gelenk, ohne etwas davon zu empfinden. Auch die Überwindung von Widerständen durch die Zunge vermögen wir nur sehr unsicher, unter Umständen gar nicht zu beurteilen, wie Jakobj festgestellt hat. Ebenso wie bei der Zunge kommen Bewegungen des Mundes, die nicht unter Beteiligung der Kinnladen erfolgen, wie z. B. das Mundspitzen, lediglich durch Hautempfindungen zum Bewußtsein. Das Auge endlich bewegt sich allerdings nicht in einem knöchernen Gelenk, aber doch in einem aus den Lidern und den Weichteilen der Orbita bestehenden. An diesen drückt und reibt es wie ein Gelenkkopf an seiner Pfanne und bewirkt dadurch Reizung der Nerven der Bindehaut und vielleicht auch der Eigennerven der Sklera. Wegen der größeren Nachgiebigkeit der aneinander gleitenden Teile wird natürlich die Nervenreizung im allgemeinen schwächer sein als bei einem wirklichen Gelenk, und das stimmt damit überein, daß die Augenbewegungen an sich, d. h. unabhängig von gleichzeitigen Gesichtseindrücken, nicht so genau und fein abgestuft bemerkbar sind wie eigentliche Gelenkbewegungen. Bewegungen von geringem Umfang lassen sich bekanntlich im Dunkeln oder hinter den verschlossenen Lidern nur schwer genau ausführen; auch beruhen verschiedene optische Täuschungen darauf, daß tatsächlich stattfindende Augenbewegungen nicht zum Bewußtsein kommen.

Wir können somit dabei bleiben, daß die Empfindungen von Lage und Bewegung der Glieder sowie von Schwere und Widerstand ihrem Zustandekommen nach sehr wahrscheinlich als *Gelenkempfindungen* aufzufassen sind. Druck- und Berührungsempfindungen der Haut (möglicherweise auch Muskelempfindungen) spielen dabei nur

eine unterstützende Rolle. Für das Bewußtsein von Anstrengung und Kraftaufwand dagegen sind Spannungsempfindungen als das Maßgebende zu betrachten, die durch Muskeln und Sehnen vermittelt werden.

2. Der ursprüngliche Charakter der kinästhetischen Empfindungen. Damit das Vorige nicht mißverständlich aufgefaßt werde, ist noch eine Erläuterung nötig. Wenn ich sage, verschiedene Stellungen und Bewegungen der Finger, Arme usw. kommen durch Vermittelung der Gelenke zum Bewußtsein, so ist damit keineswegs gemeint, der Vorgang in den Gelenken gebe eine unmittelbare Empfindung davon, daß z. B. der Unterarm horizontal ausgestreckt sei oder mit dem Oberarm einen rechten Winkel bilde, oder daß er aus der horizontalen Lage in die vertikale übergeführt werde. Sondern von Oberarm und Unterarm, Gestrecktsein und Gebeugtsein, sowie von dem Vorgang einer objektiven Streckung und Beugung enthalten die Gelenkempfindungen als solche gar nichts. Das alles sind Vorstellungen, im wesentlichen Gesichtsvorstellungen, die sich in dem ausgebildeten Bewußtsein freilich mit ihnen verknüpfen, die ihnen aber erst durch mannigfache Erfahrungen allmählich angegliedert worden sind. Von gegenständlichen und namentlich auch von räumlichen Beziehungen sind sie ursprünglich völlig frei.

Wie für Lage und Bewegung, so gilt das auch für die Schwereempfindungen. Ich habe sie bei dem Halten oder Heben eines schweren äußeren Gegenstandes und bin mir dieses Zusammenhanges bewußt, während sie bestehen. Aber daß ich es mit einem äußeren Gegenstande zu tun habe, dem unter anderen Eigenschaften auch die Schwere anhaftet, und daß ich diesen hebe oder sonstwie räumlich verschiebe, ist doch wiederum nicht unmittelbarer Empfindungsinhalt, sondern eine assoziative Ausdeutung, die ihm auf Grund früherer, unter ähnlichen Umständen gemachter Erfahrungen zuteil wird. Was uns losgelöst von solchen Zutaten durch den bloßen Erregungsvorgang in den Gelenken zum Bewußtsein kommt, ist etwas viel Einfacheres; es wurde vorhin schon durch einen Vergleich angedeutet.

Legt man den Zeigefinger der einen Hand auf die Innenfläche der anderen, so hat man eine eigenartige Empfindung. Sie ist anders, je nachdem man diese oder jene Stelle des Handtellers berührt, ebenso anders, je nachdem man die Spitze oder etwa die Seitenfläche des Zeigefingers aufsetzt. Worin das Anderssein eigentlich besteht, kann man nicht sagen; in der unmittelbaren Empfindung steckt nichts von Spitze oder Seitenfläche; jedenfalls aber bemerkt man die Verschiedenheit. Diese Empfindungen lassen sich nun in zwiefacher Weise variieren. Erstens kann man den Zeigefinger in jeder beliebigen Lage

mehr oder weniger stark andrücken, zweitens kann man ihn (in jeder Lage und bei jedem Druck) gegen die Hand bewegen, z. B. um seine Achse drehen. Druck und Bewegung gelangen wiederum als eigenartige Empfindungen zum Bewußtsein, aber auch jetzt wieder, ohne daß sie etwas von Zeigefinger als einem so und so aussehenden Gliede oder von Drehung als einem räumlichen Vorgang enthalten. Sie bilden eigentümliche und weiterer Beschreibung nicht zugängliche Bewußtseinsinhalte, denen sich unter Umständen, z. B. wenn man hinsieht, andere Empfindungen hinzugesellen.

Sehr ähnlich diesen Erlebnissen nun scheint mir der ursprüngliche und reine Inhalt der Gelenkempfindungen. Bei jeder Lage eines Gliedes berühren sich in seinen Gelenken die eigenartig gestalteten Endflächen der Gliedsegmente in einer ganz bestimmten Art und Weise; ebenso besteht in den umgebenden Gelenkkapseln eine ganz bestimmte Verteilung von Spannungen und Erschlaffungen. Bei jeder Gliedlage findet also eine ganz bestimmte und für keine andere Lage genau wiederkehrende Kombination von Reizungen nervöser Endapparate statt, und dadurch gibt sie Anlaß zu einer charakteristischen und nur ihr eigentümlichen Empfindung. Das ist die Lageempfindung. Aber dieser Name ist als übertragener zu verstehen. Sie gibt uns keinerlei Aufschluß darüber, wie das Glied gerade räumlich orientiert ist, sondern bildet lediglich zu der durch das Auge gewonnenen Anschauung von dieser Orientierung eine innig assoziierte und eigenartige Begleitempfindung. Und das, womit die Lageempfindungen rein als solche, sowie sie sich mir darstellen, eine gewisse Ähnlichkeit haben, sind die Berührungsempfindungen der Haut, denen sie ja auch durch ihre objektive Verursachung nahestehen. Sie bilden wie diese eine reiche Mannigfaltigkeit von sozusagen eigentümlich gefärbten, aber einer weiteren Systematisierung und Klassifizierung spottenden Gliedern. Sie stimmen mit ihnen namentlich auch darin überein, daß sie bei dauerndem Bestehen ihrer objektiven Ursachen relativ schnell abstumpfen. Man hat die für eine bestimmte Gliedlage charakteristische Lageempfindung bekanntlich nur kurze Zeit, nachdem man dem Gliede die betreffende Lage gegeben hat. Nach einiger Zeit fühlt man es nicht mehr und muß erst eine kleine Bewegung machen, um seiner Lage wieder inne zu werden.

Wird ein Glied aus einer Lage in eine andere übergeführt, so verbindet sich damit für jede Bewegung von bestimmter Richtung, bestimmtem Umfang und bestimmter Geschwindigkeit eine ganz bestimmte Veränderung der in dem Gelenk stattfindenden Berührungen und Spannungen, durch die wiederum der optisch so und so aussehende Vorgang eine nur ihm eigentümliche und ihn eindeutig

charakterisierende Empfindungsbegleitung erhält. Das ist die Bewegungsempfindung. Sie besteht nicht etwa aus der Summe der Empfindungen, die den einzelnen objektiv durchlaufenen Lagen zugehören. Diese machen sich vielmehr als einzelne gar nicht geltend, höchstens daß Anfangs- und Endlage einigermaßen gesondert hervortreten. Sondern die objektive Aufeinanderfolge nervöser Reizungen ruft subjektiv ein eigenartiges und nicht weiter analysierbares Bewußtsein einer gewissen Änderung hervor, das vorläufig wieder durch den Vergleich mit Hautempfindungen am besten charakterisiert wird. Die Bewegungsempfindung an sich fühlt sich, wie mir scheint, etwa an, wie wenn man einen Finger mit der benetzten oder eingefetteten anderen Hand locker umfaßt und dann in dieser herumdreht; man empfindet in ihr, wie schon oben gesagt, etwas Ähnliches wie bei dem Aufeinandergleiten zweier sehr glatter Flächen. Zwischen den Empfindungen aktiver und passiver Bewegung besteht dabei (abgesehen natürlich von begleitenden Haut- und Spannungsempfindungen) wesentlich nur der Unterschied, daß bei dem aktiven Vorgang außer der Bewegung selbst auch noch die Schwere des bewegten Gliedabschnittes deutlich empfunden wird.

Die Schwere- und Widerstandsempfindungen endlich rühren vermutlich davon her, daß bei der Belastung eines ruhig gehaltenen oder bewegten Gliedes durch einen äußeren Gegenstand die Gliedsegmente in den Gelenken etwas fester aneinander gepreßt werden, sodaß ihre Berührungen und Reibungen unter einem stärkeren Druck stattfinden. Offenbar müssen solche Zusammenpressungen direkt durch die äußeren Widerstände hervorgebracht werden, wenn diese die tätigen Glieder zu beugen streben (sodaß sie durch Streckbewegungen überwunden werden), wie beim Fortschieben eines Gegenstandes oder beim Hochstemmen einer Hantel. Aber sie erfolgen wahrscheinlich auch bei Widerständen, die an sich eine Streckung der Glieder und also zunächst eine Lockerung in den Gelenken bewirken, wie beim Emporheben eines Gewichtes von einem Tische oder beim Ziehen. Denn um das belastete Glied in der jeweilig gewollten Lage zu erhalten, ist eine stärkere gegenseitige Feststellung seiner beweglichen Abschnitte erforderlich als ohne Belastung, und dies bedingt eben ein stärkeres Aneinanderpressen der Gelenkflächen. Vielleicht spielen hierbei übrigens auch noch Druckwirkungen auf die Gelenkkapseln durch darüber hinziehende Muskeln u. a. eine Rolle. Die Schwereempfindungen würden somit ein gewisses Analogon zu den Druckempfindungen der Haut bilden.

3. Beziehungen zu den objektiven Reizen.[1] Über die Be-

[1] Außer den S. 374 Anm. erwähnten Arbeiten von Goldscheider und Jakobj kommen in Betracht: Bloch, Expériences sur les sensations muscu-

ziehungen unserer Lageempfindungen von Arm und Hand zu den jeweilig vorhandenen objektiven Lagen dieser Glieder besitzen wir Untersuchungen von Bloch sowie von Kramer und Moskiewicz, von deren Ergebnissen einiges mitgeteilt sein möge. Läßt man jemanden mit verbundenen Augen auf einer horizontal vor ihm ausgebreiteten Fläche mit dem Zeigefinger einen beliebigen Punkt berühren und dann nach Zurückziehen der Hand diesen Punkt wieder zu treffen suchen, so ist er dazu nach einiger Übung mit großer Genauigkeit imstande. Die durchschnittlichen Abweichungen der reproduzierten von der zuerst gewählten Lage betragen nicht viel mehr als 1 cm. Wird die erste Lage des Zeigefingers von der Versuchsperson nicht frei gewählt, sondern durch passive Führung ihrer Hand von dem Versuchsleiter bestimmt, so wird die durchschnittliche Abweichung etwa um die Hälfte größer; offenbar, weil die Verschiedenheit des gesamten bei passiver und aktiver Bewegung in Betracht kommenden Empfindungskomplexes die Vergleichung erschwert. Auch die Auffindung einer symmetrischen Lage der einen Hand zu der aktiv oder passiv bestimmten Lage der anderen ist mit großer Genauigkeit möglich, namentlich wenn beide Hände sich gleichzeitig bewegen. Erschwerungen der reproduzierenden Bewegung durch Belastung der Hand mit einem Gewicht oder durch den Widerstand eines zu dehnenden Gummibandes haben keinen nennenswerten Einfluß auf die Resultate. Von großer Bedeutung für sie erweist sich dagegen die Lage der zu reproduzierenden Punkte zum Körper. Innerhalb eines Gebietes, in dem die Hände sich vorwiegend zu bewegen pflegen und in dem ihre Bewegungen auch als bequem empfunden werden, ist die Genauigkeit der Reproduktionen am größten; bei extremen und unbequemen Lagen verringert sie sich sofort. Zugleich zeigen die Reproduktionen dann eine deutliche Tendenz, vorwiegend nach der Gegend der bequemeren Lage abzuweichen, die namentlich in dem folgenden Versuch von Kramer und Moskiewicz drastisch hervortritt. Wurde ein Zeigefinger, z. B. der rechte, auf einen vom Körper ziemlich entfernten Punkt gelegt und hierzu mit dem linken Zeigefinger ein genau symmetrisch erscheinender Punkt angegeben, dann (nach vorheriger Zu-

laires. Revue scientif. v. 8. März 1890 S. 294. J. Loeb, Untersuchungen über die Orientierung im Fühlraum der Hand und im Blickraum. Pflügers Arch. 46 S. 1; 1890. Kramer und Moskiewicz, Beiträge zur Lehre von den Lage- und Bewegungsempfindungen. Zeitschr. f. Psychol. 25 S. 101; 1901. — Wreschner, Methodologische Beiträge zu psychophysischen Messungen, Kap. 5. Schriften d. Ges. f. psychol. Forschung, Heft 11; 1898. Kinnaman, A Comparison of Judgments for Weights lifted with the Hand and Foot. Am. Journ. of Psychol. 12 S. 240; 1901. (Mit Bibliographie.)

rückziehung der rechten Hand) zu diesem wieder der symmetrisch erscheinende Punkt rechts usf. in regelmäßiger Abwechslung beider Hände, so wanderten diese aus den extremen Anfangslagen ziemlich rasch näher an den Körper heran in die Gegend größter Bequemlichkeit, um hier dann mit verhältnismäßig genauen Reproduktionen zu verharren. Die Versuchspersonen wurden sich dabei dieser Verschiebungen sehr bald vollkommen bewußt, aber da sie immer nur die Aufgabe hatten, eine Lage mit der dazu symmetrischen zu vergleichen, konnten sie sie gleichwohl nicht hindern.

Über die objektive Größe ebenmerklicher Bewegungen unserer Glieder sind wir durch Goldscheider unterrichtet. Bei Bewegungen, die mit möglichster Geschwindigkeit ausgeführt wurden, fand dieser bemerkenswert geringe Werte des ebenmerklichen Exkursionswinkels. Im Schultergelenk, Handgelenk und Metacarpo-Phalangealgelenk (zwischen Finger und Mittelhand) wurden passive Bewegungen von noch nicht $^4/_{10}$ Grad (äußerstenfalls etwa $^1/_4{}^0$) als ebenmerklich empfunden. Für Ellbogen-, Hüft- und Kniegelenk erhöhten sich die Werte auf etwa $^1/_2$—$^3/_4$ Grad. Berechnet man aus diesen Zahlen näherungsweise die ebenmerkliche Verschiebungsgröße auf der Gelenkfläche selbst, so ergibt sich z. B. für das Schultergelenk (das etwa einer Kugelfläche von 44 mm Durchmesser entspricht) ein Betrag von knapp $^1/_6$ mm. Bei aktiven Bewegungen waren die ebenmerklichen Exkursionen noch etwas geringer als bei passiven, was sich aus der vorhin vermuteten festeren Zusammenpressung der Gelenkflächen durch den Muskelzug erklären würde. Ein besonders beachtenswertes Resultat der Untersuchungen bestand darin, daß Verschiedenheiten der Anfangslage des bewegten Gliedes oder der Bewegungsrichtung, sofern sie nicht etwa besonders unbequeme sind, einen nennenswerten Einfluß auf die erwähnten Schwellenwerte nicht haben.

Die Vergleichung von Bewegungen größeren Umfangs ist mehrfach untersucht worden, hat aber mit mannigfachen Schwierigkeiten zu kämpfen. Läßt man z. B. Bewegungen beurteilen, die von derselben Anfangslage aus und durch denselben objektiven Raum beschrieben werden, so werden nicht sowohl die ganzen Bewegungen miteinander verglichen als vielmehr bloß die erreichten Endlagen, und man erhält ebenmerkliche Unterschiede, die von dem Bewegungsumfang nahezu unabhängig sind. Läßt man dagegen die verglichenen Bewegungen räumlich aneinander anschließen, sodaß die eine die Fortsetzung der anderen bildet, so erhält man ganz andere ebenmerkliche Unterschiede, aber nun ist allerdings auch die Inanspruchnahme der bewegten Glieder und ihrer Gelenke für beide Bewegungen eine verschiedene. Nach einigen Versuchen von Kramer

und Moskiewicz scheint der ebenmerkliche Unterschied bei Armbewegungen von verschiedener Winkelgröße stets ungefähr ein gleicher Bruchteil der durchlaufenen Strecke zu sein. Von Interesse ist noch, daß bei Bewegungen von gleichem Umfang und genau symmetrischer Lage zum Körper Rechtshändern die mit der rechten und Linkshändern die mit der linken Hand ausgeführte Bewegung größer erscheint.

Von weiteren Einzelheiten sei noch eine interessante Beobachtung Loebs erwähnt, die leicht zu bestätigen ist. Will man unter Ausschluß der Augen mit Hand und Arm Bewegungen von einem bestimmten Umfange ausführen, so fallen die tatsächlich zurückgelegten Wegstrecken um so kleiner aus, je mehr die tätigen Muskeln bereits verkürzt sind, und um so größer, je geringer die Verkürzung der Muskeln ist. Bei Bewegungen von objektiv gleichem Umfang werden also die mit stärker verkürzten Muskeln ausgeführten für größer gehalten als die mit weniger verkürzten Muskeln ausgeführten. Unter Umständen sind diese Unterschiede von überraschender Größe. Vollführt man z. B. bei nahezu schon gestrecktem Arm noch eine weitere Streckbewegung, eine Bewegung der Hand vom Körper weg, so erscheint diese leicht doppelt so groß, wie eine objektiv gleich große Bewegung der Hand auf den Körper zu. Zur Erklärung der Erscheinung nimmt Loeb zweierlei an. Erstens, daß mit zunehmender Verkürzung eines Muskels seine Reizbarkeit abnehme und ein gleicher Innervationszuwachs eine immer geringere weitere Verkürzung bewirke. Zweitens, daß unser Bewußtsein der Größe und Richtung einer Bewegung wesentlich von unserem Willensimpuls abhänge und nicht von den durch die Bewegung selbst hervorgebrachten Empfindungen. Er kehrt also zurück zu der oben als wenig wahrscheinlich nachgewiesenen Annahme, daß Bewegungsempfindungen wesentlich Innervationsempfindungen seien, und fügt die weitere hinzu, daß nun je nach Umständen gleiche Innervationen verschiedene Effekte haben. Näherliegend scheint mir die folgende Erklärung. Bei zunehmender Streckung oder Beugung unserer Gliedmaßen findet wegen wachsender Unbequemlichkeit der Gliedlage eine allmähliche Verlangsamung der Bewegung statt, ohne daß wir doch von dieser Wirkung etwas merken und also veranlaßt würden, ihr bewußt entgegen zu arbeiten. Nun beruht zwar unser Bewußtsein von der Größe einer Bewegung ursprünglich durchaus auf peripheren Sensationen, aber assoziativ gewinnt doch auch die Dauer der Bewegung Einfluß darauf. Wir beurteilen Bewegungen dann als gleich oder ungleich, wenn sie bei nicht allzuverschiedenen kinästhetischen Empfindungen gleich oder ungleich lange dauern. Und so kann es kommen, daß wir eine auf irgendwelche Weise verlangsamte und also weniger umfangreiche Bewegung doch einer anderen für gleich halten, wenn sie in annähernd gleicher Zeit ausgeführt wird wie diese.

Untersuchungen über Schwereempfindungen gehören zu dem ältesten Bestande der neueren Psychologie. E. H. Weber ging von ihnen hauptsächlich aus, und vor allem verwandte dann Fechner lange Jahre selbstlosester und gewissenhaftester Arbeit auf sie. Aber auch hier ist wegen der Mannigfaltigkeit und Verwicklung der in Betracht kommenden Umstände noch nichts Abschließendes erarbeitet worden. Je nachdem die zu hebende Last auf eine größere oder kleinere Hautfläche drückt, ferner je nach der Art und Weise der

Hebung, der Verschiedenheit der beteiligten Muskelgruppen und der mitgehobenen Gliedmaßen fallen die Resultate verschieden aus. Ungleichheiten in dieser Hinsicht sind aber selbst bei Versuchen ein und desselben Beobachters nicht leicht zu vermeiden, da man instinktiv anders zufaßt und anders hebt, wenn man mit leichteren als wenn man mit schwereren Gewichten zu tun hat. Besonders wichtig und in gewisser Hinsicht störend ist ein gelegentlich schon berührter assoziativer Faktor, auf den hauptsächlich Müller und Schumann hingewiesen haben und dessen Bedeutung Jacobj durch direkte graphische Registrierung von Hebungen bestätigt hat. Bei wiederholtem aktivem Heben von Gewichten behufs ihrer Vergleichung bewirkt man die einzelnen Hebungen mit einem wesentlich durch die Schwere der vorangegangenen Gewichte, zum Teil auch durch subjektive Eigentümlichkeiten oder zufällige Vorstellungen bedingten motorischen Impuls. Ist nun dieser Impuls für das gerade vorliegende Gewicht zu stark oder zu schwach, so löst sich das Gewicht früher oder später als erwartet von seiner Unterlage und steigt schneller oder langsamer in die Höhe, besonders auffällig bei schnell und ruckweise ausgeführten Hebungen. Diese Art des Emporsteigens verwerten wir nun sofort auf Grund unserer sonstigen Erfahrungen bei der Bildung unseres Urteils über Schwere oder Leichtigkeit der Gewichte, und die auf den eigentlichen und unmittelbaren Schwereempfindungen beruhende Beurteilung (wie sie z. B. bei dem bloßen ruhigen Halten von Gegenständen erfolgt) wird dadurch natürlich kompliziert.

Unter verhältnismäßig einfachen und gleichmäßigen Bedingungen sind in neuerer Zeit Gewichtsversuche von Jacobj und von Wreschner angestellt worden. Bei jenem ersten war ein vertikal gerichteter und von der Hand auf und nieder bewegter Zylinder mit einem horizontal liegenden einarmigen Hebel verbunden, der nach dem Prinzip der Schnellwage belastet wurde; bei dem anderen waren die Gewichte vermittelst einer geeigneten Manschette und einer über eine Rolle geleiteten Schnur am Vorderende des aufgestützten Unterarms befestigt und wurden durch dessen einfache Beugung im Ellbogengelenk gehoben. Die hier in Betracht kommenden Ergebnisse beider Untersuchungen zeigen eine deutliche allgemeine Übereinstimmung. In einer gewissen mittleren Gegend der objektiven Reize, etwa von 2000—6000 g, war die relative Unterschiedsempfindlichkeit leidlich konstant; bei Jacobj wurde eine Zulage von etwa $^1/_{10}$, bei Wreschner von $^1/_5$ des jeweilig einwirkenden Gewichtes eben wahrgenommen. Nach unten hin wurde die Empfindlichkeit, wie auf allen Sinnesgebieten, allmählich stumpfer. Nach oben hin dagegen bis zur Grenze der Hebungsfähigkeit (10 Kilo) fand bemerkenswerterweise das Umgekehrte

statt: es genügten hier immer geringere relative Zuwüchse, um eben als solche wahrgenommen zu werden. — Die Empfindlichkeit des Fußes für Gewichtshebungen scheint nach Untersuchungen von Kinnaman eine sehr ähnliche zu sein wie die von Hand und Arm.

§ 33. Bewegungsempfindungen des Kopfes.[1]

1. Funktion der Bogengänge und Otolithenorgane. Im Jahre 1824 machte der französische Physiologe Flourens eine eigentümliche Beobachtung. Er durchschnitt bei Tauben, bei denen diese Operation verhältnismäßig leicht auszuführen ist, die Bogengänge des Labyrinths, die feinen halbkreisförmig verlaufenden Kanäle, die schon oben (S. 285) als Bestandteile des inneren Ohres beschrieben wurden. Als Folgen des Eingriffs aber zeigten sich keineswegs, wie man nach der anatomischen Zugehörigkeit des Organs erwarten sollte, Hörstörungen, sondern vielmehr seltsame Störungen in der Bewegung und Haltung der Tiere. Sie vollführten pendelnde Kopfbewegungen, begleitet von starken Zuckungen der Augen, taumelten, drehten sich

[1] Die wichtigsten Schriften aus der reichen Literatur des Gegenstandes sind: Flourens, Expériences sur les canaux semi-circulaires de l'oreille dans les oiseaux. Mém. de l'Acad. Roy. des sciences de l'Inst. de France IX (1830), S. 455. Abgedruckt in desselben Verf. Recherches expérim. sur les propriétés du système nerveux; 1842. Menière, Mémoires sur des lésions de l'oreille interne etc. Gazette méd. de Paris 1861, S. 597. Goltz, Über die physiologische Bedeutung der Bogengänge des Ohrlabyrinths. Pflügers Arch. 3 S. 172; 1870. Breuer, Über die Funktion der Bogengänge des Ohrlabyrinths. Med. Jahrb. d. k. k. Gesellsch. der Ärzte, 1874, S. 72 und 1875, S. 87. Crum-Brown, On the Sense of Rotation and the Anatomy and Physiology of the Semicircular Canals of the Internal Ear. Journ. of Anat. and Physiol. 8 S. 327; 1874. (Abgedruckt bei Mach.) Mach, Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen. 1875. James, The Sense of Dizziness in Deaf-Mutes. Amer. Journ. of Otol. 4, 1882. Delage, Sur une fonction nouvelle des otocystes comme organes d'orientation locomotrice. Arch. de zool. expér. 5 S. 1; 1887. Aubert (nach Delage), Physiologische Studien über die Orientierung. 1888. (Im Anhang: Purkinje, Über den Schwindel.) Breuer, Über die Funktion der Otolithenapparate. Pflügers Arch. 48 S. 195; 1891. Kreidl, Beiträge zur Physiologie des Ohrlabyrinths auf Grund von Versuchen an Taubstummen. Ebda 51 S. 119; 1892. Weitere Beiträge zur Physiologie des Ohrlabyrinths. I. Versuche an Fischen. II. Versuche an Krebsen. Sitzungsber. d. Wien. Ak. d. Wiss. Math.-Nat. Kl. 101 und 102, Abt. 3; 1892 und 1893. J. R. Ewald, Physiologische Untersuchungen über das Endorgan des Nervus octavus, 1892. Breuer, Studien über den Vestibularapparat. Sitzungsber. d. Wien. Ak. M.-N. Kl. 112, Abt. 3 S. 515; 1903. W. Nagel, Die Lage-, Bewegungs- und Widerstandsempfindungen, in s. Handb. d. Physiol. 3 S. 735; 1905. Vollständige Bibliographie (bis 1895) mit kurzen Inhaltsangaben von L. W. Stern, Die Literatur über die nicht akustische Funktion des inneren Ohres. Arch. f. Ohrenheilk. 39 S. 248.

um sich selbst oder überschlugen sich nach hinten. War nach einiger Zeit eine gewisse Beruhigung eingetreten, so traten die Erscheinungen doch sofort wieder hervor, wenn man die Tiere zu Bewegungen veranlaßte. Schnelles Laufen und Fliegen war ihnen infolgedessen ganz unmöglich. Beim Gehen und namentlich bei der Nahrungsaufnahme zeigten sie ein großes Ungeschick: unsicher hin und herfahrende Bewegungen, die in der Regel das vorgesteckte Ziel verfehlten. Daneben entwickelten sich in der Ruhe (nach einseitiger Bogengangsdurchschneidung) eigentümliche Kopfhaltungen: der Kopf wurde mehr und mehr um die Längsachse des Körpers gedreht, bis er schließlich um volle 180° verdreht war, sodaß der Scheitel den Boden berührte und der Schnabel nach oben gerichtet war. Viele von diesen Störungen bildeten sich im Verlauf einiger Monate völlig zurück; so namentlich alle durch einseitige Operationen hervorgebrachten. Aber von den nach doppelseitiger Durchschneidung auftretenden Erscheinungen blieben viele auch dauernd bestehen; mehrere Tauben konnte Flourens fast ein Jahr lang mit ihnen am Leben erhalten.

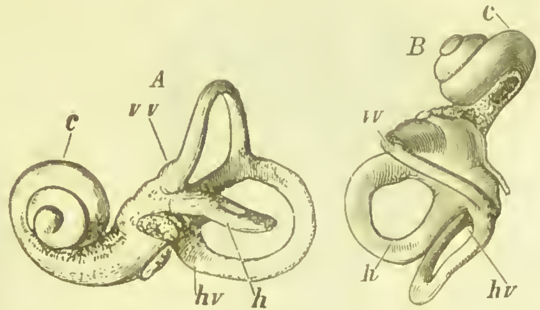


Fig. 37. Ausguß des linken Labyrinths vom Menschen ($^2/_1$: Nach Henle). *A* von der Schläfenseite, *B* von oben. *c* Schnecke; *h* horizontaler, *vv* vorderer vertikaler, *hv* hinterer vertikaler Bogengang.

Besonders bemerkenswert bei den Erscheinungen war noch der folgende Umstand. Die Bogengänge sind, wie früher erwähnt und wie Fig. 37 anschaulich zeigt, in einer bestimmten Weise räumlich orientiert. Sie liegen gleichsam in drei etwas schiefwinklig aufeinander stehenden Koordinatenebenen; je einer von ihnen verläuft horizontal, die beiden anderen vertikal, aber in verschiedenen Ebenen. Diese räumliche Orientierung spiegelte sich nun gleichsam in dem verschiedenen Charakter der hervorgerufenen Bewegungsstörungen. Wurde z. B. der horizontale Bogengang durchschnitten oder sonstwie gereizt, so geschahen die pendelnden Kopfbewegungen horizontal von rechts nach links, und die Tiere zeigten eine Tendenz, sich nach einer Seite zu drehen und im Kreise zu laufen. Bei Verletzung der vertikalen Bogengänge dagegen geschahen die Kopfbewegungen vertikal von oben nach unten, und die Tiere hatten die Tendenz, nach hinten oder nach vorn über zu fallen. Die Hauptebene der Bewegungen, wenn man so sagen darf, stimmte also jedesmal überein mit der Ebene des verletzten Bogengangs.

Flourens selbst dehnte seine Experimente noch auf andere Vögel sowie auch auf Säugetiere aus und gelangte überall zu ähnlichen Ergebnissen. Aber der eigentliche Sinn der Erscheinungen wurde zunächst nicht verstanden, auch von ihm selbst nicht; und obwohl man nach einem Menschenalter etwa anfing, die Versuche hie und da zu wiederholen, wurden sie doch lange Zeit nur wenig beachtet. Wegen der anatomischen Zugehörigkeit der Bogengänge zum inneren Ohr und wegen ihrer Versorgung durch den sogenannten Gehörsnerven kam man immer darauf, die Störungen als verursacht durch abnorme Schalleindrücke aufzufassen, womit doch nicht durchzukommen war. Erst im Jahre 1870 wurde durch Goltz ein Verständnis der Vorgänge angebahnt. Dieser betonte, was auch schon

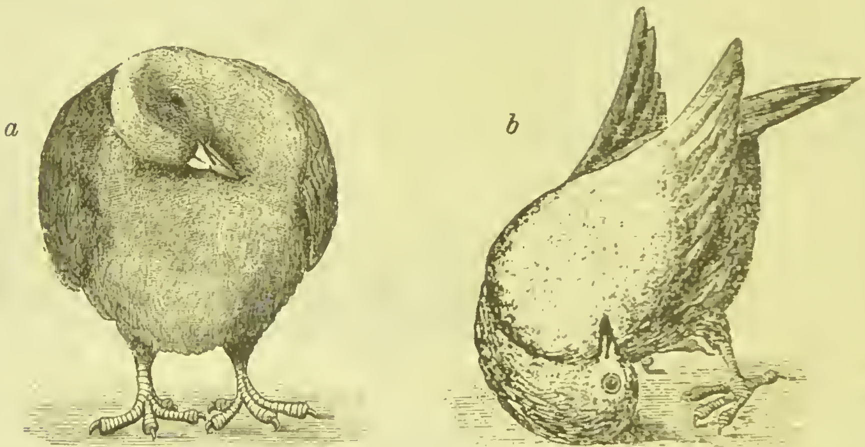


Fig. 38. Momentphotographien einer Taube nach Exstirpation des rechten Labyrinths, *a* 5 Tage, *b* 15 Tage nach der Operation. (Nach R. Ewald).

andere bemerkt hatten, daß die operierten Tiere durchaus den Eindruck machten, als ob sie schwindlig seien. Die Bogengänge seien demnach nicht als ein Teil des Gehörorgans zu betrachten, sondern als ein besonderes Sinnesorgan, das der Erhaltung des Gleichgewichtes diene, zunächst für den Kopf und dadurch indirekt für den ganzen Körper. In Verbindung mit den Augen, der Haut, den Muskeln, aber ganz unabhängig von diesen lieferten sie den nervösen Zentralorganen eigenartige Nachrichten über die jeweilige Haltung des Kopfes und seien dadurch von großer Bedeutung für die richtige Regulierung dieser Haltung und die zweckentsprechende Ausführung neuer Bewegungen. Durch ihre Verletzung würden die Nachrichten verfälscht oder zum Wegfall gebracht und dadurch dann naturgemäß Störungen der reagierenden Bewegungen und die Unsicherheit des Schwindelgefühls hervorgerufen. Im Anschluß an diese Vorstellungen wurde

nicht lange nachher und gerade 50 Jahre nach den ersten Flourensschen Experimenten die richtige Theorie der Erscheinungen, die weiterhin zur Darstellung gelangen wird, gleichzeitig von drei Männern gefunden: Mach, Breuer und Crum-Brown.

Seitdem sind Wiederholungen der Versuche ungemein häufig geworden. Von einzelnen Beobachtern ist dabei die Richtigkeit der Flourensschen Beschreibungen bestritten worden, aber die große Mehrzahl hat sie vielmehr in der Hauptsache durchaus bestätigt. So z. B. die seltsamen Kopfverdrehungen nach einseitigen Operationen. Fig. 38 gibt eine Anschauung von ihnen und zeigt zugleich, wie die Erscheinung, die übrigens, bei der Taube wenigstens, nur anfallsweise auftritt, sich allmählich immer stärker entwickelt. Namentlich auch ist die eigentümliche Zugehörigkeit der in einer bestimmten Ebene erfolgenden Bewegungen zu dem in derselben Ebene verlaufenden Bogengang durch mannigfache und sorgfältige Untersuchungen sichergestellt und damit ein naheliegender und häufig erhobener Einwand beseitigt worden. Da die Bogengänge in unmittelbarer Nachbarschaft des Kleinhirns liegen und dieses notorisch Beziehungen zu der Ausführung geordneter Bewegungen hat, so deutete man vielfach die Erscheinungen als Folgen unbeabsichtigter Kleinhirnverletzungen. Aber abgesehen von dem anatomischen Befund, der dem bei sorgfältig ausgeführten Operationen bestimmt widersprach, wäre dann eben jene Beziehung zwischen bestimmten Bewegungen und bestimmten Bogengängen ein völliges Rätsel gewesen.

In manchen Einzelheiten sind natürlich die Flourensschen Beobachtungen auch berichtigt und ergänzt worden. Besonders die sorgfältigen und auf einer hervorragenden Technik beruhenden Untersuchungen Ewalds sind hier zu nennen. Durch sie wurde eine wichtige Folge von Bogengangs- oder vielmehr von Labyrinthverletzungen im allgemeinen festgestellt, die viele andere äußerlich hervortretende Erscheinungen verständlich macht. Die Labyrinthe stehen, wie Ewald nachgewiesen hat, in einer besonders engen Beziehung zu der Muskulatur des Körpers. Durch die von ihnen auf äußere Reize ausgehenden Erregungen bewirken sie (wie in geringerem Grade auch andere Organe, z. B. Auge und Haut) einen fortdauernden allgemeinen Tonus der gesamten Muskulatur und sind im Zusammenhang damit auch von Bedeutung für das richtige Zusammenarbeiten und die Ernährung der Muskeln. Werden sie nun geschädigt oder exstirpiert, so sind die Folgen nicht sowohl Störungen bestimmter einzelner Bewegungen (wie der zur Erhaltung des Gleichgewichts dienenden), sondern vor allem eine Abschwächung des allgemeinen Muskeltonus, d. h. eine anomale Schlaffheit und Kraftlosigkeit sämt-

licher Muskeln, die z. B. in schwächeren Flügelschlägen, einer schwächeren Stimme, Einknicken der Beine, bei einseitigen Verletzungen in unsymmetrischen Bewegungen und Haltungen zum Ausdruck kommt. Damit verbindet sich dann eine allgemeine Ungeschicktheit und Unzweckmäßigkeit sämtlicher Bewegungen, namentlich der eine große Präzision erfordernden, und endlich unter Umständen völlige Atrophie der Muskeln.

Die wichtigste Erweiterung aber, die unsere Kenntnisse seither erfahren haben, ist diese. Es sind nicht nur die Bogengänge des inneren Ohres, die zu den Bewegungen des Organismus in Beziehungen stehen, sondern außerdem auch die Säckchen des Vorhofs, die beiden bläschenförmigen Organe des Labyrinths, in denen über den Endigungen der Nervenfasern ein kleiner kalkhaltiger fester Körper, der Otolith, suspendiert ist (S. 285 und 291). Der direkte Nachweis hierfür ist bei verschiedenen Wassertieren geliefert worden (Rippenquallen, Krebse, Haifische u. a.), für welche die Otolithenorgane augenscheinlich von besonderer Wichtigkeit sind. Wird z. B. ein Haifisch beiderseits seiner Otolithen beraubt, so zeigt er einen auffallenden Verlust seiner Orientierungsfähigkeit, eine völlige Gleichgültigkeit gegen seine Lage im Wasser. Während das normale Tier nur auf dem Bauche schwimmt und jede gewaltsame Veränderung dieser Lage sofort korrigiert, läßt sich der otolithenlose Hai ohne Widerstand auf die Seite und auf den Rücken legen, schwimmt auch auf dem Rücken und steht gelegentlich auf dem Kopfe. Ein in einem Bassin schnell herumgedrehter normaler Hai neigt sich wie ein im Kreise laufender Mensch nach innen und kompensiert so die Wirkung der Zentrifugalkraft; der otolithenlose Fisch kennt diese zweckmäßige Reaktion nicht mehr. Einen belehrenden Versuch ohne Zerstörung der Otolithen hat Kreidl angestellt. Es gelang ihm, bei einer Krebsart, die bei der Häutung ihre Otolithen verliert, sich aber dann sehr rasch mit neuen versieht, feine Eisenpartikelchen als Otolithen einzuführen. Wurde nun dem Otolithensäckchen eines so vorbereiteten Tieres von der Seite und oben der Pol eines Elektromagneten genähert, so drehte es sich im Moment des Stromschlusses mit dem Rücken von dem Magneten weg, und zwar um so stärker, je mehr dieser genähert wurde, während die Augen gleichzeitig eine entgegengesetzte Drehung ausführten. Solange der Elektromagnet dagegen stromlos war, blieb das Tier vollkommen ruhig. Daß es sich hierbei um die Reaktion auf eine eigentümliche Erregung des Otolithenorgans handelte und nicht bloß um eine Abwehr der rein physikalischen Anziehung des Eisens, wurde auf folgende Weise dargetan. Einem normalen Krebs wurde in der Nähe des Otolithensäckchens, aber auf der Oberfläche des Körpers eine größere

Menge Eisen mit einem Lack aufgeklebt. Wurde jetzt der Magnet genähert, so führte das Tier keinerlei Drehung um seine Längsachse aus, sondern reagierte aktiv überhaupt nicht. Erst bei einer ganz geringen Entfernung des Magneten wurde es rein mechanisch angezogen.

Offenbar gehen also von den Otolithen gewisse Reize aus, die für die von den Tieren in der Ruhe oder bei Bewegungen innegehaltene Lage von Bedeutung sind. Werden diese Reize künstlich verändert, wie durch die Einführung eiserner Otolithen und die Einwirkung eines Magneten auf diese, so reagiert das Tier mit einer abnormen Gleichgewichtslage; werden sie durch Exstirpation der Otolithen in Wegfall gebracht, so geht die Fähigkeit einer bestimmten räumlichen Orientierung des Tierleibes überhaupt verloren. Eine ähnliche Bedeutung der Otolithenorgane hat sich bei allen anderen daraufhin untersuchten Tieren feststellen lassen. Zwar haben die Organe vielfach eine ganz andere anatomische Lage als etwa beim Menschen; bei manchen Wirbellosen z. B. liegen sie nicht an dem dem Kopfe entsprechenden, sondern vielmehr am entgegengesetzten Ende des Körpers. Aber ihre Funktion scheint bei allen Tierklassen eine durchaus gleichartige zu sein.

Hieraus ergibt sich nun die erwünschte Möglichkeit, die Erscheinungen nach Verletzung der Bogengänge in einen größeren Zusammenhang einzuordnen. Man hat neuerdings erkannt, wie oben (S. 290 f.) schon mitgeteilt wurde, daß das innere Ohr von zwei verschiedenen Nerven versorgt wird. Sie verlaufen eine Strecke weit zusammen, aber die peripheren Ursprungsstätten und die zentralen Endigungen ihrer Fasern sind räumlich voneinander getrennt. Der eine von ihnen gehört der Schnecke an und dient zweifellos dem Hören, der andere, der Vestibularnerv, endigt an fünf Stellen des Labyrinths, nämlich in den drei Ampullen der Bogengänge und an den Otolithen der beiden Vorhofssäckchen. Dieser anatomische Befund harmoniert aufs beste mit dem eben dargestellten physiologischen. Bogengänge und Otolithenorgane werden von ein und demselben Nerven versorgt und dementsprechend haben sie auch, wie sich jetzt gezeigt hat, eine im wesentlichen gleichartige Funktion: sie dienen irgendwie der Regulierung der Lagen und Bewegungen des tierischen Körpers. Sie sind also in ihrer Gesamtheit als ein Organ aufzufassen, eben als das periphere Endorgan für die Reizung des Vestibularnerven, und werden daher wohl zusammenfassend als *Vestibularapparat* bezeichnet.

Kann dies soweit als festgestellt gelten, so entsteht jetzt die vorhin schon berührte weitere Frage: wie ist die Funktion dieses Organs im einzelnen zu verstehen? Durch welche Vermittelungen kommt sie

zustande? Die Frage hat einen zwiefachen Sinn. Einmal einen rein physiologischen. Auf welche Art vermögen die äußeren Reize, nämlich die objektiven Bewegungen und Haltungen des Kopfes, auf den Vestibularapparat einzuwirken? Wie können sie namentlich je nach ihrer besonderen Beschaffenheit verschiedene zentripetale Erregungen in ihm hervorrufen, wie sie doch für die Auslösung verschiedener Reaktionsbewegungen notwendig sind?

Die Antwort hierauf kann mit großer Wahrscheinlichkeit gegeben werden; für die Bogengänge ist sie, wie schon erwähnt, in der Hauptsache fast gleichzeitig von Mach, Breuer und Crum-Brown gefunden worden. Die häutigen Bogengänge bilden äußerst feine mit Flüssigkeit gefüllte Ringe. An einer verbreiterten Stelle (den Ampullen) ragen in sie feine, durch eine schleimige Substanz zu einem zusammenhängenden Haarschopf verklebte Härchen hinein (Cupula Fig. 39), deren Ursprungszellen von den Endverzweigungen der Nervenfasern umsponnen werden; die Härchen stehen also indirekt mit diesen in Verbindung. Wird nun ein solcher Ring durch eine Kopfbewegung in seiner Ebene gedreht, so bleibt die Flüssigkeit vermöge ihrer Trägheit etwas hinter den Wänden zurück. Zu einer andauernden rückläufigen Strömung kann es zwar bei dem sehr geringen Querschnitt der Ringe ($^1/_{10}$ qmm beim Menschen) und der dadurch bedingten großen Reibung nicht kommen, aber der Flüssigkeitsring wird doch bei Beginn der Bewegung etwas gegen seine Wände verschoben. Er übt dadurch einen Stoß auf die Cupula aus, der diese etwas verbiegt und so die mit ihr verbundenen Nervenendigungen reizt. Ist die Kopfbewegung, wie zumeist ja der Fall, nur von kurzer Dauer, so erfolgt mit ihrem Anhalten alsbald ein Gegenstoß, der die Cupula wieder gerade biegt und den Reiz aufhebt. Dauert die Drehbewegung aber länger, so richtet sich die Cupula infolge ihrer Elastizität von selbst wieder auf, nur freilich bei der Geringfügigkeit der elastischen



Fig. 39. Querschnitt durch eine Bogengangsampulle des Menschen. (Nach Steinbrügge. Die Cupula im Inneren der Ampulle teilweise abgerissen; bei guter Erhaltung bildet ihre obere Begrenzung nahezu eine gerade Linie.)

Kräfte erst sehr allmählich, und die Erregung der Nerven hält also, obwohl der Flüssigkeitsring wegen der Reibung jetzt ebenso schnell wie die Wände rotiert, etwas länger an. Auch beim Aufhören dieser längerdauernden Drehung aber muß ein Gegenstoß erfolgen, da dann die Flüssigkeit vermöge ihrer Trägheit etwas gegen die Wände vorschießt. Dadurch wird natürlich die inzwischen wieder aufgerichtete Cupula in entgegengesetztem Sinne verbogen wie bei Beginn der Drehung; es erfolgt also auch eine sozusagen entgegengesetzte Reizung des darunter liegenden nervenhaltenden Epithels, die dann gleichfalls allmählich wieder abklingt.

Auch wenn die Ebene der Drehung nicht genau mit der Ringebene zusammenfällt, entstehen noch solche Flüssigkeitsstöße. Nur sind sie schwächer und schwächer, einen je größeren Winkel die beiden Ebenen miteinander einschließen, um schließlich ganz aufzuhören, wenn sie senkrecht aufeinander stehen. Solcher Bogengänge befinden sich nun je drei auf jeder Seite des Körpers, in verschiedenen Ebenen verlaufend. Bei jeder drehenden Bewegung des Kopfes um irgend eine Achse werden in ihnen allen Flüssigkeitsstöße von ganz bestimmten relativen Stärken erzeugt. Die Bewegung wird gewissermaßen projiziert auf je drei sich annähernd rechtwinklig schneidende Koordinatenebenen. Für jede Kopfdrehung entsteht somit auch eine ganz bestimmte und nur mit dieser Bewegung verbundene Kombination nervöser Reizungen, und daß also verschiedene Bewegungen seitens des Nervensystems mit verschiedenen Reaktionen beantwortet werden, erscheint verständlich.

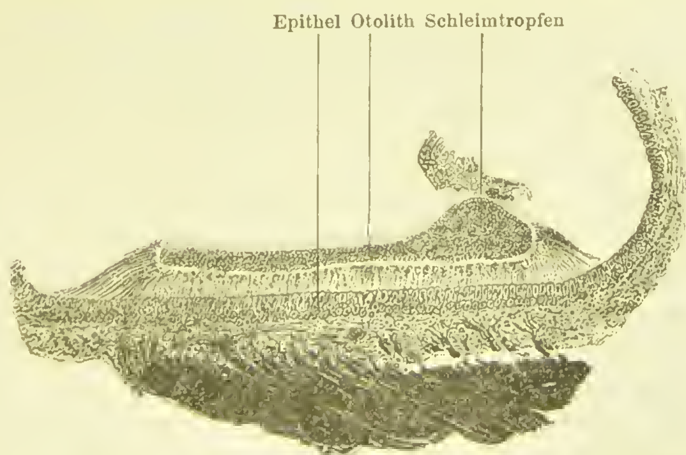


Fig. 40. Querschnitt durch das elliptische Säckchen und seinen Otolithen. (Nach Breuer.)

Eine gewisse allgemeine Ähnlichkeit hat die Reizübertragung in den Otolithenorganen. Der Otolith wird von zusammengefilzten feinen Härchen getragen, die ihrerseits wieder mit den Ausläufern der Nervenfasern in Verbindung stehen (Fig. 40). Vermöge dieser Befestigungsweise wird ihm eine gewisse Beweglichkeit gelassen; er kann, wenn auch (bei den höheren Tieren) nicht in allen möglichen Richtungen,

so doch in einer bestimmten Richtung etwas hin und her gleiten. Dadurch übt er eine ähnliche Wirkung aus wie das Wasser der Bogengänge: nur, entsprechend der verschiedenen Art der Beweglichkeit, nicht sowohl bei Drehungen als vielmehr bei gradlinig fortschreitenden Bewegungen des Kopfes, wie sie beim Gehen und Laufen oder beim Einfahren in einen Schacht stattfinden. Erfolgt die Bewegung in der Gleitrichtung oder irgendwie schiefwinklig zu ihr, so muß der Otolith vermöge seiner Schwere bei ihrem Beginn gegen die Härchen etwas zurückbleiben, bei ihrem Aufhören dagegen etwas vorschießen, und seine Zug- und Druckwirkungen auf die Nervenendigungen werden also verändert. An sich ist die Wirkung noch vieldeutig, d. h. eine bestimmte Größe des Zurückbleibens kann sowohl durch eine schwache Bewegung direkt in der Gleitrichtung, wie durch entsprechend stärkere Bewegungen in allen möglichen anderen Richtungen hervorgebracht werden. Aber nun existieren in der Regel mehrere Otolithen; beim Menschen z. B. jederseits zwei, deren Gleitrichtungen annähernd einen rechten Winkel miteinander bilden. Die Bewegung wird also wieder in Komponenten zerlegt, und dadurch verbindet sich mit jeder bestimmten Fortbewegung auch hier wieder eine bestimmte Kombination nervöser Einwirkungen auf die Zentralorgane.

Daneben aber besitzen die Otolithenorgane noch eine weitere Reizempfänglichkeit, nämlich für bloße Stellungen und Lagen des Kopfes. Bei jeder bestimmten Kopfhaltung wird der durch die Schwere nach unten gezogene Otolith an dem ihn tragenden Haarfilz in einer bestimmten Gleichgewichtslage zur Ruhe kommen; bei jeder Veränderung der Haltung wird diese Lage im allgemeinen eine andere sein, und also auch der mit ihr verbundene Nervenreiz. Der stärkste Druck des Otolithen z. B. wird bald die eine, bald eine andere Partie des Haarkomplexes treffen. Die bloßen Verschiedenheiten der Stellung des Kopfes charakterisieren sich also gleichfalls für das Nervensystem durch verschiedene Kombinationen peripherer Reize und können hierdurch jedesmal mit zweckentsprechenden Bewegungen, sei es erhaltender, sei es abändernder Art, beantwortet werden. So erklärt sich z. B. die folgende bekannte Erscheinung. Wird der Körper mit einiger Geschwindigkeit im Kreise bewegt, wie beim Bogenlaufen auf dem Eise oder beim Karussellfahren, so wird er instinktiv, wie man sagt, nach innen, d. h. mit dem Kopfe nach der Rotationsachse hin, geneigt. Die objektive Bewegung bewirkt hier zunächst, daß die Otolithen durch Zentrifugalkraft etwas nach außen, von der Rotationsachse weg, geschleudert werden. Dadurch kommen sie in dieselbe Gleichgewichtslage wie sonst bei einer Auswärtsneigung des ruhenden Körpers, und die Zentralorgane kompensieren nun diese nach ihren Nachrichten

vorhandene Abweichung von der Vertikalen nach außen durch eine entsprechende Gegenbewegung nach innen.

Die mannigfachen oben beschriebenen Bewegungs- und Lagestörungen bei gewaltsamen Eingriffen in den Vestibularapparat werden durch diese Theorie seiner Funktion wohl begreiflich. Entweder kommen die zur Regulierung der Bewegungen erforderlichen peripheren Reize des Vestibularnerven durch den Eingriff ganz in Wegfall, wie bei den otolithenlosen Haifischen und bei vollständigen beiderseitigen Labyrinthexstirpationen. Der durch sie hervorgerufene allgemeine Muskeltonus sowie die besonderen ihnen angepaßten Bewegungsreaktionen bleiben dann einfach aus; das Tier erscheint desorientiert und kraftlos. Oder aber jene Reize werden künstlich verfälscht, wie bei den Krebsen mit eisernen Otolithen, bei Reizungen einzelner Bogengänge oder einseitigen Exstirpationen des Labyrinths. Durch isolierte Bogengangsreizungen z. B. werden passive Drehungen des Kopfes vorgetäuscht, die dann mit entsprechenden Gegenbewegungen beantwortet werden. Bei einseitigen Exstirpationen erlangen die von dem erhaltenen Labyrinth beeinflußten Muskeln das Übergewicht über die geschädigten, d. h. sie reagieren stärker auf die ihnen zugehenden Innervationen und ziehen so den Kopf oder den ganzen Körper des Tieres zu sich herum.

Aber nun hat die Frage nach der Funktion des Vestibularapparates, wie vorhin gesagt, einen zwiefachen Sinn, außer dem physiologischen auch einen psychologischen, und durch diesen allein ist der ganze Gegenstand hier für uns von Interesse. Haben die nervösen Erregungen der Bogengänge und Otolithenorgane, abgesehen von den durch sie ausgelösten Bewegungen, auch für das Bewußtsein eine Bedeutung? Gibt es sozusagen Bogengangs- oder überhaupt Vestibularempfindungen?

2. Empfindungen des Vestibularorgans. Unter den Physiologen besteht vielfach die Neigung, die gestellte Frage zu verneinen; die von den Vestibularnerven aus hervorgerufenen Bewegungsreaktionen sind nach ihnen als rein reflektorische Vorgänge aufzufassen. Sie stützen sich dabei auf die Aussage der inneren Wahrnehmung, die freilich ja die Sache allein entscheiden kann und nun allerdings für die Ansetzung einer neuen Art von Empfindungen keinen Anhalt zu bieten scheint. Unser Bewußtsein von den Stellungen und Bewegungen des Kopfes und des ganzen Körpers geht also nach dieser Ansicht (abgesehen von der Beteiligung des Gesichts) völlig auf in Haut-, Muskel- und Gelenkempfindungen. Wir haben in jedem Augenblick Eindrücke von der Spannung der Halsmuskeln und der sie überkleidenden Haut, von der Drehung des Schädels auf der Wirbel-

säule und der Reibung der Wirbel aneinander, ferner Eindrücke von den Fußsohlen, den Fuß-, Knie- und Hüftgelenken usw., und kombinieren diese zu unseren Wahrnehmungen von Kopfhaltung, Gleichgewichtslage, Fortbewegung, Drehung und dergl. Etwas anderes aber als jene Elemente spielt dabei für unser Bewußtsein durchaus keine Rolle. Zeigt sich nun, daß für die aktive Regulierung unserer Bewegungen nicht nur diese Haut- und kinästhetischen Empfindungen, sondern auch Erregungen der Bogengänge und Otolithenorgane in Betracht kommen, so ist das so zu verstehen, daß hier Nervenprozesse, die für das Bewußtsein von Bedeutung sind, mit anderen zusammenwirken, bei denen das nicht der Fall ist, eben mit reinen Reflexen. Etwa wie die Entfernung eines Fremdkörpers aus dem Auge teils reflektorisch durch Tränensekretion, teils durch Reiben mit dem Finger infolge bewußter Eindrücke bewirkt wird.

Allein es wäre doch auch sehr merkwürdig, wenn es sich so verhielte. Der Vestibularnerv ist nicht identisch mit dem Gehörsnerven, aber er bietet doch manche Ähnlichkeit mit ihm. An seinem einen Ende ist er ausgestattet mit einem in den Grundzügen ähnlich gebauten Apparat zur Aufnahme der äußeren Reize, mit dem anderen endigt er in ungefähr derselben Gegend der subkortikalen Zentren. In unmittelbarer Nähe endigt auch der Geschmacksnerv, in nicht allzugroßer Entfernung und in, soviel wir wissen, gleichwertigen Teilen der subkortikalen Zentren der sensible Hautnerv des Kopfes und der Sehnerv. Aller dieser Nerven sollte sich die Natur bedienen, um, abgesehen von ihren rein physischen Funktionen, auch das Seelenleben mit wichtigem Inhalt zu erfüllen, und den Vestibularnerven sollte sie davon ausgeschlossen haben? Sie müßte dann offenbar besondere Veranstaltungen getroffen haben, um seine Fasern von dem reichen Netz weiterer Verbindungen mit dem Großhirn direkt fernzuhalten, in das doch alle anderen ähnlich endenden Nerven eingesponnen sind. Das erscheint wenig glaublich. Nach aller Analogie scheint man geradezu fordern zu müssen, daß auch ihm die Vermittlung irgendwelcher bewußten Erlebnisse zufalle. Und so entsteht also seltsamerweise die umgekehrte Schwierigkeit wie eine Zeitlang bei den kinästhetischen Empfindungen (S. 375f). Dort hatte man direkt nachweisbare Empfindungen besonderer Art und wußte nicht anzugeben, durch welches Organ sie denn eigentlich hervorgerufen werden. Hier haben wir ein zur Aufnahme bestimmter peripherer Reize sehr geschickt gebautes Organ, das augenscheinlich als Sinnesorgan aufzufassen ist, und sind in Verlegenheit wegen der Empfindungen, die ihm zugeordnet werden müssen. Auch hier geht die Hebung der Schwierigkeit schon auf Mach und Breuer zurück.

Ist der normale Mensch nicht ohne weiteres imstande, in seinem Bewußtsein etwas aufzuzeigen, was zwanglos auf das Vestibularorgan zurückgeführt werden könnte, so empfiehlt es sich vielleicht, den kranken Menschen um Aufklärung anzugehen. Hier lassen sich zwei Fragen stellen. 1. Was empfinden Individuen, bei denen durch das Auftreten krankhafter Prozesse abnorme Reizungen des Vestibularorgans stattfinden? 2. Was für Empfindungen fehlen bei Individuen, deren Vestibularorgan nach dem Ablauf krankhafter Prozesse aufgehört hat zu funktionieren? Die in Betracht kommenden Individuen sind natürlich unter den Ohrenkranken zu suchen, wobei nur zu berücksichtigen ist, daß das Ohr außer dem Vestibularorgan auch das Gehörorgan umfaßt, die relative Verteilung eines krankhaften Prozesses auf die beiden aber in der Regel unbekannt ist. Es muß also nicht nur von etwaigen akustischen Störungen abgesehen, sondern auch damit gerechnet werden, daß man nicht bei sämtlichen Ohrenleidenden verwertbare Aufschlüsse erwarten darf, sondern nur bei einem gewissen Prozentsatz von ihnen. Die auf beide Fragen gefundenen Antworten nun sind diese.

Zu 1. Häufig vorkommende Begleiterscheinungen von Erkrankungen des Ohres sind Unsicherheit des Gehens und Stehens sowie Anfälle von Schwindel; die Kranken fühlen sich plötzlich heftig gedreht und stürzen zu Boden. Unter Umständen treten auch Ekelgefühl und Erbrechen auf, aber diese beruhen wohl auf einer Ausstrahlung der Erregung in ganz andere Gebiete, während der Schwindel und die Bewegungsstörungen sehr wohl auf ein Organ bezogen werden können, das nachweislich mit Bewegungen zu tun hat. In einem hergehörigen Falle fand zudem Menière als einzige materielle Schädigung eine Zerstörung der Bogengänge. Auch durch andere künstliche Reizungen des Ohres, wie durch Ausspritzen oder Durchleitung eines galvanischen Stromes, läßt sich übrigens leicht Schwindel hervorrufen.

Zu 2. Individuen mit abgelaufenen schweren Ohrenkrankheiten finden sich in größerer Zahl unter den Taubstummen. Untersuchungen an diesen im Hinblick auf unsere Frage sind von James und Kreidl angestellt worden und haben folgende drei bemerkenswerten Ergebnisse geliefert. Erstens: ein gewisser Prozentsatz von Taubstummen kann nicht schwindlig gemacht werden. Soviel sich durch Fragen feststellen läßt, ist ihnen das subjektive Schwindelgefühl unbekannt, außerdem zeigen sie keins seiner objektiven Symptome. Nach schnellen Drehungen um die Längsachse des Körpers vermögen sie sofort ungestört geradeaus zu gehen, ohne die bekannten taumelnden Bewegungen des normalen Menschen. Und die in der Norm auftretenden zuckenden Bewegungen der Augen während und nach der Drehung fehlen

bei ihnen gleichfalls. Die relative Zahl solcher Taubstummen stimmt annähernd überein mit der relativen Zahl derjenigen, bei denen man nach dem Tode pathologische Veränderungen an den Bogengängen konstatiert. Zweitens: werden Taubstumme auf einer karussellartigen Vorrichtung im Kreise gedreht, so fehlt bei einer gewissen Anzahl von ihnen das für die Norm charakteristische Bewußtsein, mit dem Körper nach außen geneigt zu werden und sich also zur Herstellung der Vertikalen nach innen neigen zu müssen. Die Richtung, die sie für vertikal halten, stimmt vielmehr überein mit der wirklichen Vertikalen, gerade so wie wenn keine Bewegung stattfindet. Endlich drittens: läßt man Taubstumme mit geschlossenen Augen geradeaus marschieren oder auf einem Beine stehen, so findet man etwa bei der Hälfte eine außerordentliche Unsicherheit und Unbeholfenheit, ja vielfach eine völlige Unfähigkeit zu diesen einfachen Leistungen. Augenscheinlich fehlt hier nicht nur die Regulierung eines reflektorisch wirkenden Apparates, sondern auch etwas an der bewußten Kenntnis der jeweiligen Haltung und Bewegungsrichtung, was bei normalen Menschen vorhanden ist. Werden außer dem Gesicht auch die Haut- und kinästhetischen Empfindungen noch ausgeschlossen oder doch abgeschwächt, so wird der Mangel noch auffälliger. Läßt man des Schwimmens kundige Taubstumme tauchen — wobei die Hautempfindungen nahezu überall gleich und die kinästhetischen Empfindungen durch die Aufhebung der Schwere der Glieder stark herabgesetzt werden — so resultiert bei vielen von ihnen eine vollständige und sie geradezu beängstigende Verwirrtheit in bezug auf die Richtungen oben und unten und ihre Lage im Wasser; bis sie durch das Wasser selbst wieder an die Oberfläche gehoben werden, fehlt ihnen jedes Bewußtsein ihrer räumlichen Orientierung.

Mit Hilfe dieser Erfahrungen läßt sich, wie mir scheint, eine völlig befriedigende Einsicht in die psychische Bedeutung des Vestibularapparates gewinnen. Beachten wir zunächst diese beiden vortrefflich zusammenstimmenden Ergebnisse: durch künstliche Reizung der nicht-akustischen Teile des Ohres entsteht Schwindel, und umgekehrt: bei Funktionsunfähigkeit nicht-akustischer Teile des Ohres fehlt die Möglichkeit, durch Drehung Schwindel hervorzurufen. Was ist denn eigentlich Schwindel? Nicht etwa eine Empfindung oder eine sogenannte Gemeinempfindung besonderer Qualität, wie man in der Regel behauptet findet. Der Schwindel besteht vielmehr in einem Widerstreit von Bewegungs- und Lageempfindungen (oder auch von lebhaften Bewegungsvorstellungen), die aus verschiedenen Quellen stammen. Die ihn begleitenden Bewegungen charakterisieren sich dadurch, daß sie einer einzelnen Gruppe jener Empfin-

dungen zweckmäßig entsprechen, eben dadurch aber in bezug auf die gleichzeitig vorhandenen anderen Empfindungen widersinnig sind. Dreht man sich einige Male mit geschlossenen Augen auf dem Absatz im Kreise herum und steht dann still, so hat man einerseits von den Füßen, den Knie- und Hüftgelenken, vielleicht auch von den Händen her das deutliche Bewußtsein, sich in Ruhe zu befinden und fest zu stehen. Andererseits aber hat man — zunächst im Kopfe, dann aber auch (da eine Drehung des Halses und der Wirbelsäule nicht wahrgenommen wird) im Rumpf und den Beinen — das ebenso deutliche und unleugbare Bewußtsein, sich in entgegengesetzter Richtung wie vorhin zu drehen, und in dem Wettstreit dieser einander widersprechenden, aber doch tatsächlich gegebenen Eindrücke besteht eben das Schwindligsein. Noch ärger ist der Widerstreit, wenn man während und vor allem nach der objektiven Drehung die Augen offen behält. Füße und Hände sagen dann gleichsam, wie vorhin, daß man stillsteht, der Kopf, daß man sich in rückläufigem Sinne dreht, die Augen dagegen, daß man sich in demselben Sinne weiterdreht wie vorher[1]; man befindet sich in einem wahrhaft chaotischen Durcheinander und Gegeneinander von Empfindungen. Fällt nun die Möglichkeit, Schwindel, d. h. einen solchen Widerstreit von Eindrücken zu erregen, fort nach Ausschaltung des Vestibularapparates, so ist klar, was dabei auf dessen Rechnung kommen muß. Mit den Empfindungen, die von den Füßen und Gelenken herrühren, hat er natürlich nichts zu tun; also muß es die im Kopf lokalisierte Drehungsempfindung sein, die ihm zuzuschreiben ist. Und die zur Steigerung des Widerstreits beitragenden pendelnden Bewegungen der Augen sind lediglich Reflexe, die nachweislich auf Labyrinthreizung beruhen und sich an jene Empfindungen anschließen. Da der äußere Reiz in diesem Falle in einer Drehung des Körpers um seine Achse besteht, so müssen es nach dem Früheren (S. 398) von den verschiedenen Teilen des

[1] Dieser Eindruck kommt so zustande. Während einer Drehung des Körpers um seine Achse vollführen die Augen eigentümlich pendelnde Bewegungen, *Nystagmus* genannt. Sie bleiben nämlich abwechselnd gegen die Bewegung des Kopfes etwas zurück, indem sie an den äußeren Gegenständen haften, und springen dann mit einem kurzen Ruck wieder vor. Hört die Drehung des Körpers plötzlich auf, so besteht doch dieser Nystagmus noch eine Weile fort, aber jetzt im umgekehrten Sinne. Die Augen bewegen sich also abwechselnd um einen gewissen Winkel in der ursprünglichen Drehungsrichtung weiter und springen dann mit einem schnellen Ruck wieder zurück. Während der ruckweisen Phase des Nystagmus kommt es nicht zur bewußten Wahrnehmung der äußeren Gegenstände, wohl aber während der langsamen Phase. Da nun hierbei die Augen sozusagen vorlaufen, bleiben die Gegenstände zurück; wir haben also rein optisch den Eindruck, uns im Sinne der vorangegangenen Drehung weiter an ihnen vorbei zu bewegen.

Vestibularapparates die Bogengänge sein, in denen er angreift. Und es zeigt sich somit, daß die Bogengangsempfindung, wenn man sie so nennen darf, gar nicht etwas besonders Verborgenes und der Selbstbeobachtung Unzugängliches ist, sondern etwas jedermann vollkommen Bekanntes und Geläufiges. Man drehe sich einige Male schnell im Kreise herum und stehe dann plötzlich mit geschlossenen Augen still: die rückläufige Drehung, die man dann, bei Abstraktion von den Eindrücken der Füße und Gelenke, mit zwingender Gewalt namentlich im Kopfe empfindet, das ist die spezifische Sinnesempfindung, die durch Bogengangsreizung (hier durch Reizung des horizontalen Bogengangs) hervorgerufen wird. Hat man erst gelernt, nach dem Aufhören der objektiven Drehung, auf sie zu achten und sich ihre Eigentümlichkeiten zu merken, so konstatiert man leicht, daß sie auch vorher, bei Beginn der Drehung, schon vorhanden ist (natürlich dann als Empfindung einer rechtläufigen Drehung), und man erkennt, daß es ein großer Irrtum ist, unser subjektives Bewußtsein von einer Drehung lediglich auf Haut- und kinästhetische Empfindungen zurückführen zu wollen. Nur für den schwindelfreien Taubstummen ist das richtig; bei dem normalen Menschen kommt außer jenen allerdings mitspielenden Eindrücken noch eine eigenartige und nicht weiter analysierbare Drehempfindung in Betracht. Daß aber eine solche Empfindung nicht nur während der Dauer des äußeren Reizvorgangs, sondern auch — gewissermaßen als negatives Nachbild — noch einige Zeit nachher besteht, erklärt sich leicht aus der oben (S. 398) beschriebenen Art, wie eine objektive Drehung wahrscheinlich auf die Ampullennerven einwirkt. Bei Beginn der Drehung erhält der mit den Nervenendigungen verbundene Haarschopf der Cupula durch die etwas gegen die Wände zurückbleibende Bogengangsflüssigkeit einen Stoß, der ihn nach einer Richtung etwas verbiegt und so einen Zug an gewissen Nervenendorganen bewirkt; und wenn sich der Haarschopf bei einiger Dauer der Bewegung allmählich wieder aufgerichtet hat und nun die Drehung plötzlich aufhört, so erhält er durch die jetzt gegen die Wände etwas vorschießende Flüssigkeit einen Stoß in entgegengesetzter Richtung.

Eine vortreffliche Bestätigung der dargelegten Auffassung bildet noch die folgende merkwürdige Tatsache, eine schon von Purkinje (1826) gefundene allgemeine Gesetzmäßigkeit des Drehschwindels. Wenn man nach einer beliebigen Drehung des Körpers mit geschlossenen Augen stillesteht und dann den Kopf in irgend eine andere Lage bringt, als er vorher hatte, so macht die Ebene, in der jetzt die rückläufige Drehung empfunden wird, diese Bewegung getreulich mit; sie behält im Verhältnis zum Kopfe stets unveränder-

lich dieselbe Lage, die sie durch die vorangehende objektive Drehung bekommen hat. Dreht man sich z. B. mit stark vorgeneigtem Kopfe auf dem Absatz im Kreise herum und richtet dann beim Stillstehen den Kopf auf, so empfindet man die Nachdrehung in einer vertikal stehenden Ebene, die durch den Scheitel und die beiden Ohren geht. Hatte man während der Drehung den Kopf auf eine Schulter gelegt, so empfindet man nach dem Aufrichten seine Drehung „in der Richtung eines senkrechten Rades, dessen Querdurchmesser von vorn nach hinten geht.“ Vom Gesichtspunkte unserer Theorie aus ist die Sache sofort verständlich. Durch die objektive Drehung werden die Flüssigkeitsringe der Bogengänge in einer ganz bestimmten Kombination in Mitleidenschaft gezogen, was für das Bewußtsein die Empfindung einer Drehung in einer bestimmten Ebene bewirkt. Hinterher beim Stillestehen müssen dann natürlich die Nachwirkungen der von ihnen ausgeübten Stöße in ganz derselben Kombination noch eine Weile fortbestehen, und durch eine einfache Änderung der Kopfhaltung kann daran nichts geändert werden. Das heißt dann aber für das Bewußtsein, daß auch die empfundene Drehungsebene in ihrer Lage zum Kopfe unveränderlich ist und dessen Bewegungen stets mitmachen muß.

Gegen die Heranziehung der Schwindelerscheinung zur Erklärung der Bogengangsfunktionen hat man eingewandt, daß Schwindel auch aus Ursachen entstehe, die sicher nichts mit den Bogengängen zu tun hätten, nämlich aus Gesichtseindrücken, und daß man daher aus seinem Auftreten oder Ausbleiben nichts für jene folgern könne. Dieser Einwurf beruht auf Unklarheit über das Wesen des Schwindels. Schwindel ist, wie schon oben bemerkt, keine einfache Empfindung besonderer Qualität, sondern ein Widerstreit zwischen gewissen Empfindungen oder auch lebhaften Vorstellungen. Die beteiligten Elemente aber sind dabei keineswegs immer dieselben, wenn wir auch zur Bezeichnung des ganzen widerstreitenden Komplexes uns stets des gleichen Wortes bedienen. Beim optischen Schwindel nun spielen die oben charakterisierten Drehungsempfindungen des Kopfes gar keine Rolle; der Widerstreit wird vielmehr hervorgerufen durch illusionsartig lebhafte Bewegungs*vorstellungen*, die durch optische Eindrücke assoziativ geweckt werden und sich mit der anderweitig bekannten Lage und Haltung des Körpers nicht vertragen. Beim Anblick fließenden Wassers z. B. entsteht die lebhafte Vorstellung, man werde der Strömung entgegen seitlich fortgezogen, beim Hinabschauen in eine Tiefe die Vorstellung des Fallens oder Hinunterspringens. Es ist eine ganz andere Art Schwindel, mit dem man es hier zu tun hat, als wie er durch Drehung oder durch künstliche Reizung des Ohres hervorgerufen wird. Und sonach kann freilich aus den Tatsachen des optischen Schwindels nichts über die Bogengänge geschlossen werden, aber sie bilden auch durchaus keine Gegeninstanz gegen das, was sich aus den Tatsachen des Drehschwindels für jene ergibt.

Nachdem für die Bogengänge bestimmte Empfindungen nachgewiesen sind, kann das Vorhandensein von solchen auch für die

Otolithenorgane nicht zweifelhaft sein; die oben mitgeteilten Erfahrungen an Taubstummen im Verein mit dem (S. 400) über die physiologische Funktion der Otolithenorgane Gesagten geben auch für sie die nötigen Fingerzeige. Einerseits gehört hierher die mehrerwähnte Empfindung, bei Bewegungen in einer Kurve oder in einem größeren Kreise trotz objektiv senkrechter Körperhaltung nach außen geneigt zu sein, also überhaupt das Bewußtsein einer Neigung des Kopfes gegen die Vertikale. Dazu kommen dann die eigentümlichen Bewegungsempfindungen (soweit sie nicht auf andere Organe zurückgeführt werden können), die man bei jeder Beschleunigung einer geradlinigen Fortbewegung, vornehmlich in der Richtung der Vertikalen, erlebt. Sehr deutlich sind sie z. B. beim Schaukeln, bei den Schwankungen eines Schiffes, bei Sprüngen aus größerer Höhe, ferner beim Auf- und Absteigen in einem Fahrstuhl oder beim Befahren eines Schachtes. Die für die Bogengangserregung so charakteristischen Nachempfindungen kommen hier ebenfalls vor, offenbar herrührend von einer Nachbewegung der Otolithen (S. 400); nur sind sie beschränkt auf einen Augenblick und sogleich vorüber. Wenn man in einem schnellgehenden Fahrstuhl nach oben steigt, hat man im Moment des Anhaltens den deutlichen Eindruck, etwas geduckt zu werden: ebenso umgekehrt bei der Bewegung nach abwärts im Moment des Anhaltens den Eindruck, etwas gehoben zu werden. Auch die Otolithenempfindungen sind mithin nichts besonders Verstecktes und Seltenes, sondern etwas durchaus Bekanntes und Alltägliches. Wie bei den Drehungsempfindungen der Bogengänge, so sind freilich auch bei ihnen überall Haut- und kinästhetische Empfindungen an dem jeweilig vorhandenen Gesamteindruck beteiligt, aber sie erschöpfen ihn nicht, wie eben die Versuche an Taubstummen zeigen. Und man kann höchstens sagen, daß die gesamten Empfindungen des Vestibularapparates für den Menschen, dem normalerweise noch jene anderen Hilfsmittel zur Orientierung über die Lage und über die Bewegungen seines Körpers zur Verfügung stehen, im ganzen von geringerer Wichtigkeit sind als da, wo solche weiteren Hilfsmittel fehlen oder nicht genügend ausgenutzt werden können, wie bei den Fischen im Wasser und den Vögeln in der Luft.

Um Irrtümer zu verhüten, sei schließlich noch erinnert, daß man, ganz wie bei den kinästhetischen Empfindungen, die räumlichen Namen der Vestibularempfindungen nicht mißverstehen darf. Wenn sie als Drehungsempfindungen, Empfindungen der Abweichung von der Vertikalen usw. bezeichnet wurden, so sollte damit keineswegs gesagt sein, daß sie an sich und ursprünglich räumlichen Charakter haben, sondern es sollten nur für etwas bisher nicht gesondert Be-

nanntes leicht verständliche Hinweise gegeben werden. Rein als solche enthalten sie nichts von vertikal oder horizontal, noch von Drehung oder Fortbewegung als räumlichen Vorgängen. Sondern sie sind eigenartige Erlebnisse, die sich jedem als solche zum Bewußtsein bringen, aber nicht weiter beschreiben lassen. Allein sie kommen fast nur in Verbindung mit Gesichts- und Tasteindrücken vor, und hierdurch, durch innige Assoziation mit Gesichts- und Tastvorstellungen, bekommen sie dann allmählich auch räumlichen Charakter.

D. Niedere Sinne.

§ 34. Die Geruchsempfindungen.[1]

1. Ihr Organ. Das periphere Organ der Geruchsempfindungen ist von größter Einfachheit. Hilfsapparate zur Umformung der äußeren Reize fehlen ihm; es besteht lediglich aus je einem kleinen Fleck ganz oben am Dache jeder Nasenhöhle, die sich hier zu einer schmalen, kaum 2 mm weiten, vertikal gerichteten Spalte *(Riechspalte)* verengt. Jeder Fleck erstreckt sich leidlich symmetrisch über die beiden Wände seiner Riechspalte etwa in der Form einer kleinen Satteldecke und ist samt seiner nächsten Umgebung gelblich gefärbt; der Flächeninhalt eines jeden entspricht ungefähr der Größe eines Fünfpfennigstücks. In ihrem feineren Bau bestehen die Riechflecke

[1] Ausführliche und sorgfältige Behandlung des Gegenstandes nach seinen verschiedenen Seiten bei Zwaardemaker, Die Physiologie des Geruchs, 1895. Als Ergänzung dazu Zwaardemakers Bericht über die seit 1895 erschienenen Arbeiten. Ergebn. der Physiol. I, 2 S. 896; 1902. (Das Histologische, das nicht in den Rahmen des Buches fällt, u. a. bei A. van Gehuchten und J. Martin, Le bulbe olfactif chez quelques mammifères. La Cellule 7; 1891). Andere Gesamtdarstellungen: Passy, Revue générale sur les sensations olfactives; Année psychol. 2 S. 363; 1896. W. Nagel, Der Geruchssinn, in s. Handb. der Physiol. 3, S. 589; 1905. — Außerdem von Bedeutung: W. Nagel, Vergleichend physiolog. und anatom. Unters. über den Geruchs- und Geschmackssinn mit einleitenden Betrachtungen aus der allgemeinen vergleichenden Sinnesphysiologie. Biblioth. Zoolog. von Leuckart und Chun, Heft 8; 1894. Für einzelne Fragen: Aronsohn, Experimentelle Untersuchungen zur Physiologie des Geruchs. Du Bois' Arch. für Physiol. 1886, S. 331. E. Fischer und F. Penzoldt, Über die Empfindlichkeit des Geruchssinns; Liebigs Ann. d. Chemie 239 S. 131; 1887. W. Nagel, Über Mischgerüche usw. Zeitschr. f. Psychol. 15 S. 82; 1897. Veress, Reizung des Riechorgans durch direkte Einwirkung riechender Flüssigkeiten. Pflügers Arch. 95 S. 369; 1903.

aus zwei Arten von Zellen. Die einen von diesen (Fig. 41*e*) gleichen den Müllerschen Stützfasern der Retina (S. 189 Fig. 17) und werden ihrer vermuteten Funktion nach als Stützzellen bezeichnet. Die anderen sind kleine bipolare Ganglienzellen, die Ursprungszellen des Riechnerven und demgemäß *Riechzellen* genannt (*f* der Figur). Von ihren beiden Fortsätzen entsenden sie den einen, relativ starken, nach außen an die Oberfläche der Riechschleimhaut, wo er mit einigen frei hervorragenden starren Fäserchen endigt. Die am entgegengesetzten Ende abgehenden inneren Fortsätze sind äußerst fein und haben den Charakter von Nervenfasern. Indes schließen sich die von den verschiedenen Riechzellen herstammenden Fasern nicht zu einem einheitlichen Nerven zusammen. Sie vereinigen sich nur, ohne sich dabei übrigens mit einer Markscheide zu bekleiden, zu zahlreichen dünnen Bündelchen, wenden sich als solche nach oben, dringen durch feine Öffnungen des Siebbeins in die Schädelhöhle und endigen hier in den unmittelbar über der Nasenhöhle liegenden beiden Riechkolben.



Fig. 41. Epithel der Riechschleimhaut der Ratte. (Nach R. y Cajal.) *e* Stützzellen; *f* Riechzellen; *h* Olfaktoriusfibrillen; *g* und *i* Trigeminusfasern.

Die charakteristischsten Gebilde dieser beiden Hirnteile sind dicht unter ihrer Oberfläche liegende rundliche Körperchen, die eben noch mit bloßem Auge wahrgenommen werden können, die *Glomeruli olfactorii.* Ihre Bedeutung ist erst seit einigen Jahren klargestellt: hier werden die von den Riechnerven an der Peripherie aufgenommenen Erregungen auf andere Neuronen übertragen. Einerseits nämlich treten in jeden Glomerulus zahlreiche Olfaktoriusfasern, verästeln sich in ihm hirschgeweihähnlich zu einem äußerst dichten und verwickelten Geflecht und endigen frei mit einer kleinen Verdickung (Fig. 42 *o*). Andererseits aber stehen die Glomeruli in Verbindung mit mehr zentralwärts liegenden großen Pyramidenzellen, den sog. *Mitralzellen.* Unter den mehrfachen Protoplasmafortsätzen, die von diesen Zellen ausgehen, befindet sich jedesmal einer, der in einen Glomerulus eindringt. Hier löst er sich zu einem dichten Endbüschel auf und durchdringt mit dessen Zweigen das Geflecht der Olfaktoriusfibrillen, ohne jedoch mit ihnen zu verwachsen (Fig. 42 *b*). Durch diese Verfilzung der beiderseitigen Endbüschel werden also die Erregungen der

Riechzellen an die Mitralzellen weitergegeben. (Dabei findet zugleich eine eigentümliche Verschränkung der Übertragungen statt, ähnlich wie beim Auge. Jede Mitralzelle steht, wie erwähnt, in Verbindung mit mehreren Riechzellen: umgekehrt aber sind auch zahlreiche Riechzellen durch Spaltung der von ihnen ausgehenden Nervenfasern je mit mehreren Mitralzellen verbunden.) Die weitere Fortleitung der Erregungen zum Großhirn geschieht dann durch die Nervenfortsätze der Mitralzellen, die den langen dünnen Stiel des Riechkolbens (Tractus olfactorius) durchziehen. Die letzten Endstationen dieser Bahnen auf der Großhirnrinde befinden sich in dem Gyrus Hippocampi und dem mit ihm verbundenen Ammonshorn (S. 130).



Fig. 42. Olfaktoriusendigungen (*o*) und Mitralzelle (*m*) mit Protoplasmafortsätzen (*b* und *c*) und Nervenfortsatz (*n*). In einem Glomerulus olfact. durchflechten sich *o* und *b*. (Nach van Gehuchten.)

Die peripheren sowohl wie die zentralen Teile des Geruchsorgans sind beim Menschen, verglichen mit den meisten anderen Säugetieren, namentlich den Fleischfressern, nur dürftig entwickelt. Bei vielen Tieren ist der Raum, den die Nasenhöhlen für die periphere Ausbreitung des Riechnerven bieten, zu gering, sodaß noch andere Höhlen in den vorderen Schädelknochen zu Hilfe genommen sind; beim Menschen stehen diese leer. Riechkolben und Gyrus Hippocampi sind anderswo ansehnliche und namentlich im Verhältnis zu dem übrigen Gehirn stark ausgebildete Hirnteile, während der Riechkoben beim Menschen noch nicht Erbsengröße erreicht. Ja, beim ersten Auftreten einer Großhirnrinde in der Tierreihe, bei den Reptilien nämlich, steht dieses wichtige Organ, wie Edinger fand, fast ausschließlich im Dienste des Geruchssinnes. Diese Unterschiede werden teilweise mit dem aufrechten Gange des Menschen zusammenhängen, da die Gerüche vorwiegend am Boden haften und die Geruchsfunktion also bei Tieren, die ihre Nahrung auf diesem finden, viel mehr geübt werden muß. Indessen, wenn auch das Geruchsvermögen des Menschen keinen Vergleich etwa mit den erstaunlichen Leistungen der Hunde auszuhalten vermag, so ist doch seine Feinheit, wie wir sehen werden, und auch seine Bedeutung für die Erhaltung des Organismus, namentlich für die Nahrungsaufnahme, immer noch eine recht beträchtliche.

2. Die Geruchsempfindungen. Die Mannigfaltigkeit der Gerüche ist eine außerordentlich große. Eine Unzahl von Substanzen, Gegenständen, lebenden Wesen erweist sich bei genauerer Prüfung mit einem spezifischen Geruch behaftet. Dazu kommt, daß auch noch vieles von dem, was man im gewöhnlichen Leben als Geschmack eines Stoffes bezeichnet, tatsächlich den Gerüchen zuzurechnen ist. Und weiter wird mit der Entdeckung neuer Stoffe (Chloroform, Naphthalin) oder der Herstellung neuer Mischungen die Zahl der bekannten Gerüche fortwährend und ohne angebbare Grenzen vermehrt. Allein eine befriedigende allgemeine Übersicht dieser ungeheuren Mannigfaltigkeit und eine systematische Anordnung ihrer Glieder, je nach deren größerer oder geringerer Ähnlichkeit, ist uns leider nicht möglich. Daher sind die Versuche, es zu leisten, in der Regel abgeglitten und haben der beabsichtigten Einteilung der Gerüche nicht das in diesen selbst enthaltene unmittelbare Empfindungserlebnis, sondern allerlei Begleiterscheinungen oder Wirkungen zugrunde gelegt. Viele Substanzen (wie Ammoniak, schweflige Säure, Pfeffer, Chlor. Senföl) bewirken bekanntlich außer der spezifischen Geruchsempfindung noch eine Reizung der Nasenschleimhaut (oder beim Einatmen der Rachenschleimhaut), die als Stechen empfunden wird. Man hat sie daher als *stechende* Gerüche von den anderen gesondert. Aber das Stechen ist eine Nebenempfindung, die unbeschadet ihrer sonstigen Wichtigkeit doch von den Gerüchen als solchen wohl unterschieden werden muß und diese durch ihr Mitauftreten nicht verwandter macht. Andere Riechstoffe, wie Zwiebeln, Meerrettich, Rauch, rufen Tränenabsonderung hervor, wieder andere, wie Fichtengeruch, Heugeruch und ihnen gegenüber Staub- und Modergeruch, entfalten Wirkungen auf das Atmungssystem. Aber wiederum wird durch Erhebung solcher Eigentümlichkeiten zu Einteilungsgesichtspunkten eben das nicht getroffen, was an den Gerüchen zunächst einmal psychologisch interessant ist, ihre größere oder geringere Verwandtschaft an sich und abgesehen von allen komplizierenden Momenten.

Die verhältnismäßig beste Einteilung ist immer noch die von dem großen Systematiker Linné i. J. 1759 gegebene, die früher allgemein verbreitet war und neuerdings von Zwaardemaker unter Zufügung von zwei anderswoher entlehnten Rubriken wieder aufgenommen ist. Sie umfaßt so neun Klassen:

1. Ätherische Gerüche (*Odores aetherici*). Beispiele: Äpfel. Birnen, Ananas, Wein, die verschiedenen Äther, auch Bienenwachs,

2. Spezereiengerüche (*Od. aromatici*): Kampfer, Lorbeer, Terpentin, Nelken, Ingwer, Pfeffer, Zimmet, Fenchel, Kümmel, Anis, Pfefferminz, Wachholder, Lavendel, Bittermandelöl.

3. Blumengerüche (*Od. fragrantes*): Jasmin, Orange, Hyazinthe, Linde, Nelke, Veilchen, Reseda, Tee, Vanille, Heliotrop, Waldmeister.

4. Moschusgerüche (*Od. ambrosiaci*): Ambra, Moschus, Patschuli.

5. Lauchgerüche (*Od. alliacei*): Zwiebel, Knoblauch, Schwefelkohlenstoff; auch Kautschuk, Fischgerüche, Chlor, Jod.

6. Brenzliche Gerüche (*Od. empyreumatici*): Tabak, gebrannter Kaffee, Rauch, Teer, Karbol, gebranntes Horn, Naphthalin.

7. Kaprylgerüche (*Od. hircini*): Bocksgeruch, Schweiß, Käse.

8. Widerliche und betäubende Gerüche (*Od. tetri* oder *narcotici*): Opium; Wanzen.

9. Ekelerregende Gerüche, Gestänke (*Od. nauseosi*): Fäulnisgeruch, Faeces.

Von Einwendungen gegen die Namen dieser Klassen kann man absehen. Auch wo sie von den Wirkungen der Riechstoffe entlehnt sind, wie bei 8 und 9, kann als die eigentliche Absicht betrachtet werden, die Dinge nicht mit Rücksicht hierauf, sondern wegen ihrer psychischen Verwandtschaft zusammen zu fassen. Aber die Verwirklichung dieser Absicht ist augenscheinlich nur annähernd gelungen. Bei manchen der oben genannten und bei vielen oben nicht genannten Stoffen wird man schwanken, ob sie besser der einen oder der anderen Klasse zugewiesen werden. Einige Klassen (wie z. B. 1 und 3, 2 und 4) unterscheiden sich kaum so sehr voneinander, wie anderswo (z. B. bei 2 und 6) manche derselben Klasse zugewiesene Einzelglieder. In zahlreichen Fällen ferner wird man sich fragen, ob eine Einordnung in die obigen Rubriken nicht überhaupt zu gewaltsam ist. Wohin gehört z. B. der Geruch von Formalin, frischer Wäsche, Moder, oder der eines Kuhstalles, Pferdestalles usw.? Aber bei der Unvollkommenheit unserer Geruchsfähigkeit, namentlich unserer Fähigkeit der Geruchsanalyse wird sich durch bloße Reflexion über diese Dinge schwerlich je Befriedigendes erreichen lassen. Vielleicht ergeben sich der Zukunft einmal aus genaueren Beobachtungen über verschiedenes Verhalten der einzelnen Gerüche unter besonderen Umständen (S. 417 f.) bessere und objektiv begründete Handhaben für ihre Einordnung in verschiedene Klassen.

3. Beziehungen zu den äußeren Reizen. Zur Erregung des Geruchsnerven bedarf es einer direkten Einwirkung materieller Teilchen auf die Riechschleimhaut[1], und zwar ist dabei das normale

[1] Gelegentlich hat man wohl vermutet, das Riechen möge ähnlich wie Hören und Sehen auf der bloßen Ausbreitung der Bewegung beruhen, und in der Tat ist es merkwürdig, daß man bei manchen Riechstoffen, wie z. B. Moschus,

Zustandekommen der Erregung an die Einwirkung gasförmiger Stoffe gebunden. Feste und flüssige Substanzen werden also nur gerochen, soweit sie verdampfen.

Allerdings hat Aronsohn behauptet, daß auch flüssige Riechstoffe deutliche Geruchsempfindungen liefern, wenn sie in starker Verdünnung durch eine $^3/_4$prozentige Kochsalzlösung von 40° C. direkt in die Nase gefüllt werden. Ja, manche Substanzen zeigten hierbei sogar einen Geruch, die für gewöhnlich völlig geruchlos sind, wie z. B. Bittersalz und doppeltkohlensaures Natron. Indes empfinden wir in solchen Fällen (wie Zwaardemaker vermutet und Veress nachgewiesen hat) den normalen Geruch des in einer Flüssigkeit enthaltenen Riechstoffs nur dann, wenn die Lösung die enge Riechspalte nicht vollständig erfüllt, sondern in ihr kleine Luftbläschen sitzen läßt. Bei vollständiger Überschwemmung der Riechschleimhaut dagegen entstehen schwer charakterisierbare andere Empfindungen, die ebenso wie die von sonst geruchlosen Stoffen bei Durchspülung der Nase hervorgebrachten Wirkungen ähnlich zu beurteilen sind, wie die Lichtwirkungen eines Faustschlages oder des elektrischen Stromes auf das Auge, nämlich als Erregungen durch inadäquate Reizung.

Ganz übereinstimmend hiermit läßt sich auch bei den Wassertieren, wie namentlich die Untersuchungen von W. Nagel gezeigt haben, das was wir Geruchsempfindung nennen, nicht nachweisen. Bei den Walen sind die Geruchsorgane völlig verkümmert. Bei den Fischen sind solche Organe zwar vorhanden, und sie dienen wohl auch der Witterung der Nahrung aus einer gewissen Entfernung. Aber sie unterscheiden sich in ihrem Bau wesentlich von den Geruchsorganen der Landtiere und vermitteln sehr wahrscheinlich nicht Geruchs- sondern eine Art von Geschmacksempfindungen.

Von großem Interesse wäre es, die Bedeutung der chemischen Konstitution der Riechstoffe für die ihnen eigentümlichen Gerüche zu kennen. Leider ist unser Wissen darüber noch sehr geringfügig. In der Hauptsache können zwei Punkte als festgestellt gelten. Erstens sind es nur verhältnismäßig wenige chemische Elemente (und zwar fast ausschließlich solche, die der fünften, sechsten und siebenten Gruppe des periodischen Systems angehören), wie Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel, Chlor, Jod, Phosphor u. a., die teils an sich, teils in ihren Verbindungen geruchерzeugend wirken. Dabei erweisen sich stark-

selbst wenn sie längere Zeit hindurch große Räume mit ihrem Duft erfüllen, keinen Gewichtsverlust konstatieren kann. Indes in solchen Fällen kann unmöglich etwas anderes vorliegen, als eine besondere Empfindlichkeit unseres Organs einerseits und eine verhältnismäßige Unvollkommenheit unserer kontrollierenden Instrumente andererseits. Verschiedene Tatsachen — wie daß man die Ausbreitung jedes Geruchs durch Einschließen seiner materiellen Ursache in jedes beliebige dichtschließende Gefäß hindern kann, ferner das zähe Haften mancher Gerüche an Glas, Kleidern, Haaren, auch die Bedeutung des Windes für ihre Verbreitung — entziehen der Bewegungshypothese jeden Boden.

riechende Verbindungen im allgemeinen als solche von komplizierterer Zusammensetzung und hohem Molekulargewicht. Zweitens liefern Elemente, die nach ihrem sonstigen chemischen Verhalten zusammengehören (wie Schwefel und Selen, Phosphor und Arsen) in gleichartigen Verbindungen auch verwandte Gerüche. Schwefelwasserstoff z. B. riecht ähnlich wie Selenwasserstoff, Schwefelkohlenstoff ähnlich wie Selenkohlenstoff, Chloroform ähnlich wie Bromoform. Wie sich danach schon vermuten läßt, stehen sich auch chemische Verbindungen in ihren Gerüchen nahe, die je aus denselben Elementen in ähnlicher Weise aufgebaut sind. Die aufeinander folgenden Glieder homologer Reihen z. B. (wie Holzgeist und Alkohol, oder Ameisensäure, Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure) riechen in der Regel ähnlich, und mit zunehmender Entfernung der Glieder voneinander werden auch ihre Gerüche immer differenter, sozusagen parallel ihrer chemischen Verschiedenheit. Daneben aber gibt es zahlreiche Fälle, in denen chemisch verwandte Stoffe sehr verschieden riechen, oder umgekehrt chemisch völlig verschiedene Stoffe einen ähnlichen Geruch haben (Bittermandelöl — Blausäure — Nitrobenzol).

Schon seit 50 Jahren, aus Versuchen des Physiologen Valentin, ist bekannt, daß von einzelnen Riechstoffen außerordentlich geringe Mengen hinreichen, um eine Empfindung hervorzurufen. Luft, die auf 1 ccm nur $^1/_{500\,000}$ mg Schwefelwasserstoff oder gar nur $^1/_{2\,000\,000}$ mg Rosenöl enthielt, ließ den Geruch dieser Stoffe noch deutlich erkennen. Neuerdings sind solche Untersuchungen nach verbesserter Methode von E. Fischer und F. Penzoldt wiederholt worden und haben ergeben, daß die untere Grenze unserer Empfindlichkeit noch weit tiefer anzusetzen ist. Von Mercaptan genügte $^1/_{100}$ mg gleichmäßig verdampft in einem Saal von 230 cbm Inhalt, um eine schwache, aber deutliche Geruchsempfindung hervorzurufen: auf 1 ccm Luft entfiel mithin nur $^1/_{23\,000\,000\,000}$ mg Mercaptan. Für künstlichen Moschus fand Passy sogar noch einen erheblich geringeren Schwellenwert. Nimmt man an, daß bei forciertem Einziehen der Luft etwa 50 ccm die enge und abgelegene Riechspalte passieren (wobei natürlich noch nicht einmal der ganze Gehalt an Riechstoff zur Einwirkung auf das Sinnesorgan gelangen wird), so berechnet sich die absolute eben wahrnehmbare Gewichtsmenge Mercaptan auf $^1/_{460\,000\,000}$ mg. Damit erweist sich der Geruchssinn, trotz seiner Verkümmerung beim Menschen, als ein Hilfsmittel, das für die Wahrnehmung objektiver Substanzen selbst noch das Auge übertrifft. Die kleinste Menge Natrium z. B., die spektralanalytisch noch eben gesehen werden kann, wird auf etwa $^1/_{1\,800\,000}$ mg geschätzt, also rund auf das 250fache der eben riechbaren Mercaptanmenge.

Bemerkenswert ist, worauf Passy hingewiesen hat, daß Stoffe von großer Riechkraft im Sinne einer niedrigen Reizschwelle nicht auch notwendig sehr starke Gerüche liefern, wenn sie in größerer Menge vorhanden sind. Veilchenduft z. B., Tee, Vanille bleiben auch bei größtmöglicher Steigerung der objektiven Reize verhältnismäßig schwache Gerüche; treibt man die Konzentration des Objektiven über eine gewisse Grenze hinaus, so hört der Geruch auf oder schlägt in einen anderen um. Man muß also unterscheiden zwischen der Fähigkeit eines Riechstoffs, in sehr geringer Menge noch eine schwache Geruchsempfindung hervorzurufen, und der davon unabhängigen Fähigkeit, in beliebig großer Menge eine starke Empfindung hervorzurufen, anders ausgedrückt: zwischen dem Verhalten eines Riechstoffs hinsichtlich der Empfindungsschwelle und hinsichtlich der Empfindungshöhe.

Zur Prüfung der relativen Geruchsempfindlichkeit verschiedener Individuen für verschiedene Stoffe und unter verschiedenen Umständen hat Zwaardemaker ein zweckmäßiges Verfahren ersonnen. Im Prinzip besteht es darin, daß nur Luft in das Riechorgan zugelassen wird, die über abgemessene und bequem veränderliche Flächen des Riechstoffs gestrichen ist und dadurch verschiedene Mengen von dessen gasförmigen Partikelchen in sich aufgenommen hat. Die Ausführung im einzelnen ist aus Fig. 43 ersichtlich. Ein beiderseitig offenes und graduiertes Glasröhrchen *a* bewegt sich mit leichter Reibung in einem durchbohrten Zylinder *b* von 10 cm Länge und 8 mm lichter Weite, der noch in einer passenden äußeren Hülse steckt und den Riechstoff enthält. Ist dies ein fester Körper, wie z. B. Leder, Kautschuk, Wachs, so läßt er sich ohne weiteres oder etwa nach Zusatz eines Bindemittels in die gewünschte Zylinderform bringen; am bequemsten benutzt man Stücke von käuflichem Kautschukschlauch. Ist der Riechstoff dagegen flüssig, so ist ein hohler Zylinder von unglasiertem Porzellan oder Filtrierpapier erforderlich, den man mit dem mehr oder weniger verdünnten Riechstoff durchtränkt und dann in entsprechender Umhüllung als Riechzylinder benutzt. Das freie Ende des Glasröhrchens ist etwas aufgebogen, um bequem in die Nase eingeführt werden zu können; außerdem ist es in einem hölzernen Schirm *c* befestigt, der als Handhabe dient, und zugleich den Riechstoff von

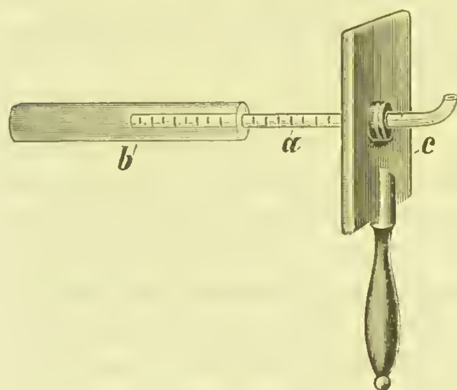


Fig. 43. Riechmesser nach Zwaardemaker.

dem zweiten Nasenloch abhält. Zieht man nun das Glasröhrchen teilweise aus dem Riechzylinder heraus, sodaß ein Teil von dessen Innenfläche bloßgelegt wird, und aspiriert dann durch das Röhrchen Luft in die Nase, so wird sich diese je nach der freigelegten Fläche mehr oder minder mit Riechstoff sättigen. Man stellt nun fest, bei welcher Zylinderlänge der untersuchte Geruch gerade eben noch wahrgenommen werden kann und gewinnt so eine bestimmte Maßzahl für das betreffende Individuum unter den jeweiligen Versuchsbedingungen. Für gelbes Wachs z. B. fand Zwaardemaker bei normalen Personen und einer Temperatur von 15° C. eine freie Zylinderlänge von $2\,^1/_2$ mm seines Riechmessers erforderlich, für Kautschuk 7 mm, Juchtenleder 10 mm, $^1/_{100}$ prozentige Baldriansäure etwa 7 mm. Starke Raucher sollen durchschnittlich nur $^2/_5$ der normalen Geruchsschärfe haben.

Bei gleichzeitiger Einwirkung mehrerer Geruchsreize auf das Organ treten je nach Umständen zwei direkt entgegengesetzte Wirkungen ein. Die erste erinnert an die Erscheinung der Farbenmischung auf dem Gebiete des Sehens: die verschiedenen Gerüche vereinigen sich zu einem Mischgeruch, der zwar mit jeder der objektiv vorhandenen Komponenten eine gewisse Ähnlichkeit hat, aber doch zugleich den Eindruck einer völlig einheitlichen neuen Geruchsqualität macht. So z. B. bei den meisten Parfüms, wie Eau de Cologne, Mille Fleurs, bei den Gerüchen von Speisehäusern, Apotheken, Drogenhandlungen usw. Natürlich tritt diese Erscheinung nicht bei allen beliebigen, sondern nur bei gewissen günstigen Intensitätsverhältnissen der Komponenten auf. Auch hält sie oft wegen der sogleich zu erwähnenden verschiedenen Ermüdbarkeit für verschiedene Gerüche oder wegen der verschiedenen Vertrautheit des Beobachters mit den Gerüchen der Komponenten nicht lange an; es tritt dann der eine oder andere Einzelgeruch unter Zurückdrängung der übrigen besonders hervor. Sehr begünstigt dagegen ist das Zustandekommen des Mischgeruchs, wie auch die angeführten Beispiele lehren, wenn nicht nur zwei, sondern mehrere oder gar eine große Anzahl von Komponenten vorhanden sind. Die zweite Erscheinung ist, wie gesagt, direkt entgegengesetzter Art: die objektiv vorhandenen Geruchsreize schwächen sich in ihrer Wirkung für das Bewußtsein; entweder einer von ihnen hebt den anderen oder beide heben sich wechselseitig mehr oder minder vollständig auf. Den widerlichen Geruch von Rizinusöl mildert man bekanntlich durch Kaffee, Jodoformgeruch durch Zusatz von Nelkenöl, Kohlgeruch vertreibt man durch Räuchern, Kautschukgeruch kann durch Wachsgeruch kompensiert werden. In manchen Fällen dieser Art mag es sich um einen höheren psychischen Vorgang handeln, nämlich um eine Ablenkung der Aufmerksamkeit

durch einen intensiveren und angenehmeren Reiz: in vielen anderen aber besteht unzweifelhaft eine unmittelbare wechselseitige Kompensation von Geruchseindrücken.

Sehr ausgeprägt und bekannt ist beim Geruchssinn die Erscheinung der Adaptation, die wir oben bei den Gesichts- und Hautempfindungen kennen gelernt haben. Bei längerer Einwirkung eines objektiven Geruchsreizes von gleichbleibender Intensität wird die ihm entsprechende Empfindung allmählich schwächer und hört schließlich vollständig auf, oft schon nach Verlauf von wenigen Minuten. Patienten mit Jodoformverbänden oder übelriechenden Geschwüren, Arbeiter in Gerbereien, Verkäufer in Pelz-, Fisch- und Käsegeschäften nehmen von den sie umgebenden Gerüchen, die von jedem neu Hinzutretenden höchst intensiv empfunden werden, in der Regel nichts wahr. Erst wenn die Einwirkung des äußeren Reizes eine Weile unterbrochen gewesen ist, kehrt die normale Empfindlichkeit für ihn wieder. Im allgemeinen sind diese Dinge jedermann geläufig; in neuerer Zeit aber ist die Aufmerksamkeit (namentlich durch Aronsohn) auf eigentümliche Beziehungen gelenkt worden, die dabei zwischen verschiedenen Riechstoffen bestehen. Wird nämlich die Geruchsfähigkeit für eine bestimmte Substanz durch längeres Riechen an ihr aufgehoben, so verhält sich die Empfindlichkeit anderen Substanzen gegenüber nicht überall gleich, sondern vielmehr sehr verschieden. Manche Gerüche werden gar nicht mehr wahrgenommen, obschon sie nicht identisch sind mit dem zur Abstumpfung benutzten; für andere ist eine mehr oder minder große Abschwächung der Empfindlichkeit eingetreten, und wieder andere zeigen gar keine Beeinflussung. Nach vollständiger Adaptation für Schwefelammonium z. B. fand Aronsohn, daß auch Schwefelwasserstoff, Chlor und Brom nicht mehr gerochen werden konnten; die Geruchsfähigkeit für Jod, Lavendel, Wachholder war herabgesetzt, dagegen für Kölnisches Wasser und Zitronenöl ungemindert erhalten. Ähnliche Verschiedenheiten konnte Zwaardemaker feststellen nach starker Abschwächung der Riechschärfe durch Cocain. Nagel mischte Cumarin (Waldmeistergeruch) und Vanillin in wässerigen Lösungen in solchem Verhältnis, daß nur der Vanillingeruch wahrnehmbar war. Adaptierte er nun das Geruchsorgan an diesen durch längeres Riechen an reiner Vanillinlösung, so empfand er beim Riechen der Mischung nur den Cumaringeruch.

4. Beziehungen zum Organ. Die eben erwähnten Erfahrungen über partielle Adaptation an einzelne Riechstoffe und Riechstoffgruppen legen den Gedanken nahe, daß in dem Geruchsorgan verschiedene Einrichtungen für die Wahrnehmung verschiedener Geruchsklassen

vorhanden sein müssen, daß es also verschiedene spezifische Energien des Geruchssinnes gebe. Eben dafür sprechen auch pathologische Beobachtungen, die allerdings noch sehr der weiteren Ausdehnung bedürfen, Beobachtungen nämlich über partielle Geruchsdefekte und über Verkehrungen der Geruchsempfindungen *(Parosmie)*. Man findet bisweilen, z. B. als Folge von Influenza, daß die Empfindungsfähigkeit für einzelne Gerüche, etwa für Vanille, für Moschus, für alle Fruchtgerüche, ausgefallen oder geschwächt ist, während sie für andere keine Störung erlitten hat. Oder auch, daß einzelne Riechstoffe ihren Charakter vollständig geändert haben, daß z. B. Tabak wie Kaffee riecht, der Geruch von Kognak sehr unangenehm oder der von Asa foetida angenehm geworden ist. Durch die Annahme einer Mehrheit von Geruchsenergien, die unabhängig voneinander gestört werden können, würden diese Erscheinungen begreiflich werden. Auch das vorhin berührte gleichzeitige Vorkommen von Mischgerüchen und von Kompensation von Gerüchen würde dadurch einem Verständnis näher gerückt. Denn jenachdem mehrere objektive Reize auf ein und dieselbe spezifische Energie oder auf verschiedene Energien erregend einwirken, wird naturgemäß ihr Zusammenbestehen für das Bewußtsein verschiedene Wirkungen haben müssen. Auf welche Weise nun aber diese verschiedenen Energien verwirklicht sind, entzieht sich völlig unserer Kenntnis.

Überhaupt ist unser Wissen um die Einwirkung der objektiven Reize auf das Organ und die Vorgänge in diesem äußerst dürftig. Kaum daß wir sagen können, wie denn unter gewöhnlichen Umständen die riechenden Partikelchen überhaupt an den Ort des Sinnesorgans gelangen. Bei dem starken Aufziehen der Luft durch die Nase freilich, dem sog. Schnüffeln, dessen wir uns bei der Wahrnehmung schwacher Reize bedienen, entstehen starke Luftströmungen, durch die ein Teil der aspirierten Luft direkt in die Riechspalte hineingetrieben wird. Aber bei dem gewöhnlichen ruhigen Atmen ist das keineswegs der Fall. Die Atemluft zieht vielmehr, wie man durch Versuche mit staubhaltiger Luft nachgewiesen hat, unterhalb der abgelegenen Riechspalte vorüber und kommt mit der Riechschleimhaut gar nicht in Berührung. Die von ihr mitgeführten gasförmigen Riechstoffe können dann also lediglich durch Diffusion weiter verbreitet werden und die nervösen Elemente erreichen. Ebenso wenn von der Mundhöhle aus gerochen wird, wie es beim Ausatmen durch die Nase, bei dem Zerkauen von Speisen und namentlich bei ihrem Verschlucken der Fall ist.

Über die Reizwirkung selbst, welche die an Ort und Stelle gelangten Riechstoffe auf die nervösen Elemente ausüben, können wir nur ganz im allgemeinen sagen, daß sie als ein chemischer Vorgang

gedacht werden muß, da u. a. sonst die oben erwähnte Bedeutung der chemischen Konstitution für die Gerüche unverständlich wäre. Der Geruchssinn und der ihm nahestehende Geschmackssinn werden daher auch wohl als *chemische Sinne* bezeichnet.

§ 35. Die Geschmacksempfindungen.[1]

1. Anatomisches. Das Hauptorgan des Geschmackssinnes ist die Zunge. Diese vermittelt an drei Stellen spezifische Geschmacksempfindungen: an ihrer Spitze, den Seitenrändern und — am besten und intensivsten — ganz hinten auf ihrer Oberfläche, nahe der Zungenwurzel. Der Zungenrücken dagegen, sowie die Unterfläche der Zunge sind für Geschmäcke unempfindlich. Auch an den erstgenannten drei Stellen indes ist die Empfindungsfähigkeit nicht diffus über das Organ verbreitet, sondern an isoliert stehende kleine Wärzchen oder Papillen gebunden, zwischen denen nichts geschmeckt wird. Man unterscheidet von diesen drei Arten. Die größten sind die *umwallten Papillen* (papillae circumvallatae), rundliche Gebilde von 2—3 mm Durchmesser, die durch einen tiefen Spalt von ihrer Umgebung getrennt sind. Sie besetzen in nur geringer Zahl (8—15) den Hauptsitz des Geschmackssinnes, den hinteren Teil der Zungenoberfläche. In ihrer Nähe, hinten an den Seitenrändern der Zunge befinden sich die *blattförmigen Papillen* (pap. foliatae), die aus einer Reihe von parallelen faltenförmigen Erhebungen bestehen. Am leichtesten zugänglich, z. B. für Experimente über das Schmecken, sind die *pilzförmigen Papillen* (pap. fungiformes) an der Spitze und den vorderen Rändern der Zunge. Dies sind die kleinen Wärzchen, die bei Betrachtung der Zungenspitze ohne weiteres durch ihre frische rote Farbe vor ihrer weißlicheren Umgebung ins Auge fallen. Sie messen selten

[1] Gesamtdarstellungen: v. Vintschgau, Physiologie des Geschmackssinns. Hermanns Handb. d. Physiol. **3**, 2 S. 145; 1880. Marchand, Le goût; 1903. W. Nagel, Der Geschmackssinn, in s. Handb. d. Physiol. **3** S. 621: 1905. — Für einzelne Fragen von Bedeutung: Oehrwall, Untersuchungen über den Geschmackssinn. Skandin. Arch. f. Physiol. **2** S. 1; 1890. Zahlreiche Arbeiten von F. Kiesow, in den Philos. Stud. (**9**, 510; **10**, 329 u. 523; **12**, 255 u. 464; **14**, 591) u. d. Zeitschr. f. Psychol. (u. a. **23**, 33; **33**, 444). Hänig, Zur Psychophysik des Geschmackssinnes. Philos. Stud. **17**, 576; 1901. — Über die Beziehungen zur chemischen Konstitution der Reize: Höber u. Kiesow, Über den Geschmack von Salzen u. Laugen. Zeitschr. f. physik. Chemie **27** S. 601; 1898. Mehrere Arbeiten von Sternberg, u. a. Zeitschr. f. Psychol. **35** S. 81; Engelmanns Arch. f. Physiol. 1904 S. 483.

mehr als etwa $^1/_2$ mm im Durchmesser, stehen dafür aber ziemlich dicht, 50—60 auf einem qcm.

Außer der Zunge dient bei Erwachsenen in der Regel nur noch der weiche Gaumen der Vermittlung von Geschmacksempfindungen. Bei Kindern dagegen erweist sich die Schleimhaut der Mundhöhle noch in viel größerer Ausdehnung als geschmacksempfindlich. Der Zungenrücken, der harte Gaumen, ja sogar die Wangenschleimhaut scheinen hier Geschmacksvermögen zu besitzen, so daß also die Entwicklung des Individuums von einer ziemlich beträchtlichen Rückbildung seines Geschmacksorgans begleitet ist.

An allen geschmacksempfindlichen Stellen sind seit etwa 40 Jahren eigentümliche Gebilde bekannt, die ohne Zweifel für das Zustandekommen der Empfindung von wesentlicher Bedeutung sind, die sog. *Geschmacksknospen* oder *Schmeckbecher*. Dies sind mikroskopisch kleine Körperchen (sie messen etwa $^1/_{25}$ mm in der größten Breite) von der Form einer geschlossenen Knospe. Sie sitzen massenhaft in den Seitenwänden der Papillen (bei jeder umwallten Papille z. B. zu mehreren Hunderten) und sind hier der Schleimhaut so eingebettet, daß sie mit der Spitze unmittelbar hinter einer feinen Öffnung des Epithels (*Geschmacksporus*) liegen und also frei mit den außerhalb befindlichen Flüssigkeiten kommunizieren (Fig. 44). Im Inneren bestehen sie aus zwei Arten von langgestreckten Zellen, die man nach Vermutungen über ihre Funktionen als Deckzellen und Sinnes- oder Schmeckzellen voneinander unterscheidet. Beide Arten durchsetzen, unter entsprechender Biegung und Verjüngung, die ganze Knospe von der Basis bis zur Spitze und endigen hier teilweise mit feinen Härchen oder Stäbchen, die in den Geschmacksporus hineinragen.

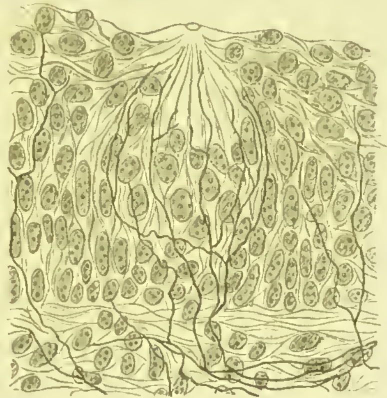


Fig. 44. Geschmacksknospe mit Nervenfasern (nach Braß.)

An den Geschmacksknospen endigen die Nervenfasern, die für den hinteren Teil der Zunge dem 9. Hirnnerven (Glossopharyngeus), für den vorderen Teil dem N. Lingualis des Trigeminus entstammen. An der Basis jeder Knospe bilden sie ein dichtes Geflecht feiner Fäserchen, das mit den einzelnen Zellen in Verbindung zu stehen scheint; außerdem umgibt eine Anzahl von Fäserchen die Knospe von außen und zieht daran bis in die Nähe des Geschmacksporus empor. Ein direktes Zusammenwachsen der Nervenendigungen mit den Zellen der Geschmacksknospen findet nicht statt. Immerhin ist die funktionelle

Verbindung zwischen beiden eine so innige, daß z. B. nach einer Durchschneidung des Glossopharyngeus die ihm zugehörigen Knospen innerhalb weniger Wochen vollständig degenerieren.

2. Die Geschmacksempfindungen. Was man im gewöhnlichen Leben als Geschmack einer Substanz bezeichnet, z. B. als Geschmack von Fleisch, Brot, Wein, Käse, Pfeffer, ist meist etwas recht Kompliziertes. In der Regel spielen Geruchsempfindungen dabei eine hervorragende Rolle. Die von den geschmeckten Stoffen etwa aufsteigenden Dämpfe streichen beim Ausatmen mit der Expirationsluft von hinten her durch die Nasenhöhle und diffundieren dabei zur Riechschleimhaut. Immer sind Hautempfindungen beteiligt, Empfindungen von Hart oder Weich, Brennend oder Kühlend, Stechend oder Zusammenziehend. Vielfach werden auch Empfindungen seitens des Verdauungsapparates mit einbegriffen, so wenn man von einem erfrischenden oder widerlichen Geschmack spricht, und dazu kommt dann endlich, was nach Abzug aller dieser Geruchs-, Haut- und sog. Organempfindungen noch als Geschmack im eigentlichen und spezifischen Sinne übrig bleibt und in dem ganzen Komplex oft eine recht bescheidene Rolle spielt.

Das Zusammengehen aller dieser verschiedenen Inhalte zu einheitlichen Gesamteindrücken hat dieselben Gründe wie bei den Hautempfindungen (S. 353); sie können erst später eingehender behandelt werden. Aber wie dort so ist es auch hier dem entwickelten Bewußtsein ganz wohl möglich, das ursprünglich und im täglichen Leben auch wohl fortdauernd als einheitlich Empfundene zu zerlegen und nach Abtrennung der, anderen Sinnen angehörigen, Begleitempfindungen jene Geschmäcke im engeren Sinne zu isolieren.

Besonders leicht ist die Ausschließung der Gerüche. Man braucht sich nur die Nase zuzuhalten, so verschwinden sie, und es ist erstaunlich, wie viel von dem vermeintlich Geschmeckten verloren geht, wenn man diese einfache Maßregel ergreift. Stoffe, die vorher den allerverschiedensten „Geschmack“ hatten (z. B. die verschiedenen Arten Fleisch, verschiedene Gemüse, Weine usw.), werden einander zum Verwechseln ähnlich, und man erkennt ohne weiteres, daß die gemeinhin sogenannten Geschmäcke ganz überwiegend aus Geruchsempfindungen bestehen, die mit jenen regelmäßig verbunden auftreten.

Begleitende Hautempfindungen dagegen, wie die des Brennenden, Weichen, Zusammenziehenden u. dergl., kann man auf keine Weise direkt ausschalten, da eine Berührung der Haut mit den Geschmacksreizen notwendig stattfinden muß. Man kann nur von ihnen abstrahieren, d. h. man kann sich fragen, welche Züge der jeweiligen

Empfindung mit anderswoher (z. B. von Reizung der Fingerspitzen oder der Lippen) schon Bekanntem entschiedene Ähnlichkeit haben. Da das schwierig ist, erscheint bei allen älteren Beobachtern die Anzahl der verschiedenen Geschmacksarten viel zu groß. Sie zählen bis zu 9 oder 10 Arten, indem sie eben die Hautempfindungen nicht auszuschließen vermögen.

Neuerdings wird ziemlich allgemein anerkannt, daß sich mit Sicherheit nur vier letzte und nicht weiter zerlegbare Geschmäcke unterscheiden lassen, nämlich Süß, Sauer, Salzig, Bitter. Alle anderen Geschmäcke im eigentlichen Sinne würden mithin als aus diesen zusammengesetzt zu betrachten sein. Allerdings gehört ein gewisser Grad von Erfahrung und zugleich eine gewisse Aufmerksamkeit dazu, um z. B. wahrzunehmen, daß in dem Geschmack einer Pfirsich gleichzeitig Süßes, Säuerliches und Bitteres enthalten ist. Aber, eine solche Schulung vorausgesetzt, erkennt man in der Tat, daß jedenfalls bei den meisten schmeckenden Substanzen nichts anderes als eine Mischung aus verschiedenen Stärkegraden jener Grundgeschmäcke vorliegt. Fraglich ist allein, ob es auch von den Empfindungen des Laugenhaften und des Metallischen gilt, oder ob diese als besondere Grundgeschmäcke neben den genannten aufgezählt werden müssen. Bei dem metallischen Geschmack spielt die Hautempfindung des Adstringierenden eine gewisse Rolle, bei dem laugenhaften die des Weichen, hervorgebracht durch eine oberflächliche Auflösung der Schleimhaut in dem schmeckenden Alkali; bisweilen, z. B. bei dem sog. Seifengeschmack, sind hier auch wieder Geruchsempfindungen beteiligt. Aber ob die in beiden Fällen übrig bleibenden Geschmäcke nun restlos als verschiedene Kombinationen von Süß, Salzig und Bitter aufgefaßt werden können, hat sich noch nicht sicher entscheiden lassen.

In dem Gesagten ist schon enthalten, daß es Mittelglieder zwischen den verschiedenen Grundgeschmäcken nicht gibt. Man kann allerdings z. B. den Geschmack Süß allmählich nach Salzig hinüberführen, indem man einer süßen Substanz wachsende Mengen einer salzigen beimengt und zugleich das Quantum der süßen stetig verringert. Aber man verfährt dann ähnlich, wie wenn man den Ton *c* dadurch in *a* überführt, das man das *a* allmählich stärker daneben erklingen läßt und zugleich das *c* abschwächt. Die als eigenartige Empfindungen zwischenliegenden Töne *d*, *e* usw. werden hiervon gar nicht berührt; sie sind etwas ganz anderes. Und etwas solchen zwischenliegenden Tönen Entsprechendes ist also auf dem Gebiete der Geschmacksempfindungen nicht vorhanden. Ebensowenig gibt es endlich auch verschiedene Unterarten jener Grundgeschmäcke. Alles Süß, möge es durch das Schmecken von Rohrzucker, Bleizucker, Honig, Glyzerin,

Saccharin oder sonstwie hervorgebracht werden, ist qualitativ identisch, ebenso alles Sauer, einerlei ob es von Salzsäure, sauren Äpfeln oder sauren Gurken herrührt. Was verschieden ist, sind, abgesehen von den Stärkegraden, lediglich die begleitenden Empfindungen und unter Umständen die Nachempfindungen. Die Geschmacksempfindungen bilden somit eine Mannigfaltigkeit von vier isoliert nebeneinander stehenden Einzelempfindungen (ähnlich wie es auf dem Gebiete des Temperatursinns deren zwei gibt), und alle übrigen Verschiedenheiten sind nur solche der Stärkegrade und der Zusammensetzung.

3. Beziehungen zu Organ und äußeren Reizen. Ein und derselbe äußere Reiz ruft nicht an allen Stellen des geschmacksempfindenden Organs die gleiche Empfindung hervor. Schon bei der Prüfung im groben, d. h. bei der Prüfung schmeckender Flächen von einer gewissen Ausdehnung läßt sich das konstatieren. Viele Beobachter stimmen darin überein, daß die Zungenspitze vorwiegend für Süß, die Zungenbasis vorwiegend für Bitter empfindlich sei, obwohl hier mannigfache individuelle Differenzen zu bestehen scheinen. Interessanter ist, daß solche Verschiedenheiten viel deutlicher bei der Prüfung im feinen zutage treten. Bei der Reizung einzelner pilzförmiger Papillen mit intensiv schmeckenden Lösungen von Zucker, Weinsäure und salzsaurem Chinin fand Oehrwall große Unterschiede im Verhalten der Papillen. Einige von ihnen reagierten nur auf einen jener Stoffe, aber nicht auf die beiden anderen, oder nur auf zwei von ihnen, aber nicht auf den dritten. Aus einer Mischung zweier Stoffe schmeckten also einzelne Papillen nur die eine, andere nur die andere Substanz heraus. Allerdings zeigte sich die Mehrzahl der Papillen irgendwie für alle drei Substanzen empfindlich, aber dabei bestanden dann wieder vielfach Unterschiede in der Stärke der Empfindung. Aus diesen auch von anderen Beobachtern (z. B. von Kiesow) bestätigten Tatsachen muß wohl gefolgert werden, daß für die Vermittelung der einzelnen Grundgeschmäcke verschiedene periphere Aufnahmeapparate (Geschmacksknospen oder deren Bestandteile) vorhanden sind, und daß diese nun nicht streng gleichförmig verteilt sind, sondern so, daß bisweilen auf einer Papille mehr die eine, bisweilen mehr eine andere Sorte überwiegt.

Auf ein selbständiges Nebeneinanderbestehen, wenn auch nicht gerade der vermittelnden Apparate, so doch der peripheren Prozesse für die verschiedenen Grundgeschmäcke weist auch die folgende Tatsache hin: man kann die Empfindlichkeiten für die einzelnen Geschmäcke in einer gewissen Unabhängigkeit voneinander beeinflussen. Reizt man eine bestimmte Stelle wiederholt mit Chinin, so wird sie für

Bitter unempfindlich, während Süß noch geschmeckt wird. Bepinselt man die Zunge zu wiederholten Malen mit Cocain, so wird die Empfindlichkeit für Bitter vollständig aufgehoben, für Süß stark herabgesetzt, für Sauer und Salzig nur wenig beeinträchtigt. Die Blätter des in Ostindien heimischen Gymnemastrauches dagegen vernichten umgekehrt die Empfindlichkeit für Süß vollständig, setzen diejenige für Bitter mäßig herab und lassen gleichfalls Sauer und Salzig ziemlich unbeeinflußt.

Wie bei den Gerüchen, so bestehen auch bei den verschiedenen Geschmäcken gewisse Beziehungen zu der chemischen Konstitution der sie hervorrufenden Substanzen. Stoffe z. B., die sich chemisch als Säuren charakterisieren, schmecken, falls sie gleichzeitig in der Mundflüssigkeit löslich sind, fast durchweg sauer; und umgekehrt findet sich der saure Geschmack ausschließlich bei Säuren im chemischen Sinne. Der salzige Geschmack ist ausnahmslos auch an chemische Salze gebunden: nur schmecken bei weitem nicht alle Salze salzig, sondern (abgesehen von den geschmacklosen) zahlreiche bitter oder süß. Allgemein bekannt ist, daß vielen Kohlehydraten ein süßer oder süßlicher, vielen Alkaloiden ein bitterer Geschmack eigen ist. Aber woran das nun alles liegt, ist noch wenig klargestellt. Bei Säuren sollen es die freien Wasserstoff-Ionen sein, die den Geschmack bedingen. Bemerkenswert ist noch, daß zwischen Süß und Bitter vielfach ein besonders enger Zusammenhang zu bestehen scheint, indem zahlreiche Substanzen erst einen süßen Geschmack und dann einen bitteren Nachgeschmack liefern.

Bestimmungen der geringsten Mengen verschiedener Substanzen, die eben noch Geschmacksempfindungen hervorrufen, müssen auf verschiedene Umstände Rücksicht nehmen: nicht nur auf die Konzentration, sondern auch auf die Menge der geschmeckten Lösungen, im Zusammenhang damit auf die Größe der gereizten Fläche, auf die Temperatur, auch auf die Art, wie geschmeckt wird. Im gewöhnlichen Leben drückt man beim Schmecken die Zunge gegen den Gaumen und bewegt sie hier hin und her. Dadurch werden die sie bespülenden Substanzen den Papillen und den in ihnen sitzenden Geschmacksknospen sozusagen eingerieben, und die Empfindlichkeit ist begreiflicherweise eine feinere, als wenn die Zunge ruhig gehalten und bloß betupft wird. Immerhin ist das zweite Verfahren besser zu kontrollieren und ergibt vergleichbarere Resultate; man hat es daher neuerdings vorgezogen. So fand F. Kiesow bei Betupfung der Zungenspitze mit in destilliertem Wasser gelösten Stoffen (im Durchschnitt mehrerer Personen) folgende Schwellenwerte:

Kochsalz $^1/_4$ %	Zucker $^1/_2$ %
Salzsäure $^1/_{100}$ %.	Schwefels. Chinin $^3/_{10000}$ %.

Zum Vergleich mit anderen Versuchsbedingungen sei angeführt, daß

Camerer bei Reizung einer einzelnen pilzförmigen Papille eine Kochsalzlösung von $^6/_{10}$ % erforderlich fand, um in etwa $^9/_{10}$ aller Fälle richtige Antworten zu erhalten, daß dagegen bei Bespülung der Zunge mit 30 ccm Flüssigkeit zur Erlangung des gleichen Resultats der Salzgehalt auf $^1/_{16}$ % herabgesetzt werden konnte. Natürlich war dafür in dem ersten Falle die absolute Menge der geschmeckten Substanz eine minimale. Camerer schätzt sie beim Betupfen einer pilzförmigen Papille mit einem Kochsalzkristall auf weniger als $^1/_{400}$ mg.

Die geringsten überhaupt vorkommenden Schwellenwerte des Geschmackssinnes scheinen die Bitterstoffe zu besitzen und unter diesen wieder den allergeringsten das Strychninsulfat. Nach Lombroso und Ottolenghi (Zeitschr. f. Psychol. 2, 346) wird es von den feinst schmeckenden Individuen in $^1/_2$ ccm einer Lösung von $^1/_{8000}$ % (d. h. in einer absoluten Menge von nur $^1/_{1600}$ mg) noch eben herausgeschmeckt, während von Saccharin, dem stärksten bekannten Süßstoff, eine Lösung von etwa $^1/_{1000}$ % erforderlich ist.

Eine an die Mischungserscheinungen des Geruchssinnes (S. 417) erinnernde Eigentümlichkeit ist die wechselseitige Beeinflussung oder Kompensation verschiedener Geschmäcke. Wie allbekannt, mildert man die Säure von Speisen und Weinen oder das Bittere des Kaffees mit Erfolg durch Zusatz von Zucker. Zum Teil beruht das gewiß auf einer Verminderung der Unannehmlichkeit des einen Eindrucks durch die Annehmlichkeit des anderen, worauf wohl auch die Korrektur unangenehmer Geschmäcke in Arzneien durch stark und angenehm riechende Stoffe zurückzuführen ist. Zugleich aber spielt dabei, wie Kiesow nachgewiesen hat, noch etwas anderes mit: eine direkte wechselseitige Einwirkung der Geschmacksempfindungen als solcher aufeinander. Bei der Mischung verschiedener Geschmacksstoffe in schwachen Lösungen und bei möglichster Abstraktion von den begleitenden Gefühlen konnte Kiesow eine deutliche Abschwächung der Geschmäcke der Komponenten feststellen. Am stärksten war sie bei der Vereinigung von süß und salzig. Ja, bei geeignetem Mischungsverhältnis einer sehr dünnen Zucker- und Salzlösung gingen die sonst immer noch zu erkennenden Geschmäcke der beiden Komponenten völlig verloren, und an ihre Stelle trat ein eigentümlicher neuer Geschmack: des *Faden* und schwach Laugenhaften. Wie diese Erscheinungen zu erklären sind, ob sie in peripheren oder zentralen Vorgängen ihre Ursache haben, ist völlig unbekannt.

§ 36. Organempfindungen.

Die altehrwürdige Fünfzahl der von der populären Psychologie angesetzten Sinnesempfindungen ist zwar bereits stark überschritten, sowohl auf der subjektiven Seite, hinsichtlich der unmittelbar für das

Bewußtsein unterscheidbaren Empfindungsarten, wie objektiv, hinsichtlich der sie vermittelnden Sinnesorgane. Aber gleichwohl kann unsere Aufzählung noch nicht abgeschlossen werden. Zahlreiche Organe, als deren erste und eigentliche Aufgabe die Verrichtung der außerpsychischen Funktionen des Körpers (wie Ernährung, Atmung, Fortpflanzung) erscheint, vermitteln daneben noch eigenartige Empfindungen und sind also zugleich auch als Sinnesorgane zu betrachten. Das Verhältnis ist ähnlich wie bei der Haut, die ja gleichfalls nicht nur sensorischen, sondern auch wichtigen allgemeinen Lebensfunktionen dient, oder auch ähnlich wie bei den Gelenken, mit denen die hier in Betracht kommenden Organe zugleich noch die weitere Ähnlichkeit haben, daß sie nicht an der Oberfläche des Körpers sondern in seinem Inneren verborgen liegen, und ihre objektiven Reize nicht aus der Außenwelt sondern aus innerkörperlichen Vorgängen empfangen.

Bezeichnet werden die hierher gehörigen Empfindungen neuerdings in der Regel als *Organempfindungen*, womit ausgedrückt werden soll, daß sie bei ihrer weiteren Verarbeitung durch die Seele nicht wie die Gesichts-, Gehörs-, Temperatur- und andere Empfindungen auf äußere Objekte, sondern auf den Körper und seine Organe bezogen werden. Der Name ist wenig glücklich, weil er seine Charakterisierung nicht einer ursprünglichen und unmittelbar erlebten Eigentümlichkeit der Dinge entnimmt, sondern der Verschiedenheit der assoziativen Verbände, in die sie auf Grund bestimmter Erfahrungen für die entwickelte Seele eintreten. Außerdem ist er zu weit, denn die Gelenk- und Bogengangsempfindungen, die doch nach ihrem Vorkommen und nach ihrer weiteren Verarbeitung aufs engste zu den Hautempfindungen gehören, würde er, genau genommen, gleichfalls umfassen. Aber da es sich hier nur um eine kurze Aufschrift handelt und eine völlig zutreffende nicht leicht zu finden sein wird — die betreffenden Empfindungen besitzen eben nichts ihnen ausschließlich Gemeinsames —, so mag das Wort beibehalten werden.[1]

Einer ersten dieser Organempfindungen sind wir bereits begegnet, bei der Haut. Das ist die *Schmerzempfindung*, die nicht an bestimmte Organe oder Organsysteme des Körpers gebunden ist, sondern fast in ihnen allen ausgelöst werden kann. (Zu den wenigen Ausnahmen

[1] Viel gebraucht wird auch noch die ältere Bezeichnung *Gemeingefühle* oder *Gemeinempfindungen*. Ihr Sinn ist ein ähnlicher wie der des Wortes Organempfindungen. Es soll ein Gegensatz bezeichnet werden zwischen den Empfindungen, die wie Farben, Gerüche, Härtegrade u. a. als Eigenschaften der äußeren Objekte aufgefaßt werden, und denen, die wie Hunger und Durst, Wohlbehagen oder Müdigkeit auf unsere körperliche Existenz im ganzen und allgemeinen bezogen werden, — ein, wie oben hervorgehoben, nicht ganz glücklicher, aber

gehört die Gehirnsubstanz und die Schleimhaut des Magens und Darmes.) Aber während wir sie früher, bei der Haut, nur in einer Elementarform sicher nachweisen konnten, als *stechenden Schmerz*, müssen wir ihr für ihr Vorkommen überhaupt noch eine zweite Grundform zuerkennen, die sich in Ermangelung eines besseren Wortes vielleicht als *dumpfer Schmerz* bezeichnen läßt. Man empfindet ihn sehr deutlich, wenn man z. B. die Hand zur Faust ballt und dann zwischen den Knöcheln des dritten und vierten Fingers einen Druck ausübt; ferner bei Kopfschmerzen, Quetschungen, einem Druck auf die Magengegend usw. Was wir sonst unterscheiden als prickelnde, ziehende, reißende, lanzinierende, bohrende, klopfende, brennende Schmerzen, sind lediglich verschiedene räumlich-zeitliche Modifikationen der genannten beiden Grundformen, in mannigfachen Verbindungen untereinander oder auch in Verbindung mit Druck- und Temperaturempfindungen. Außerdem lokalisieren wir bekanntlich die Schmerzen in einer gewissen nicht allzu bestimmten Weise und unterscheiden je nach dem Orte ihres Auftretens Brustschmerzen, Kopfschmerzen, Zahnschmerzen, Kolikschmerzen in den Eingeweiden, Krampf, rheumatische und andere Schmerzen in den Muskeln usw. Mannigfaltig wie diese ihre Sitze sind vermutlich auch die objektiven Ursachen der Schmerzen im einzelnen. Gemeinsam ist ihnen allen aber eins, daß sie nämlich durchweg eine anomale Inanspruchnahme der betreffenden Organe darstellen: Schmerzempfindungen kommen nur zustande entweder durch übermäßig starke Einwirkungen der normalen Reize oder bei direkten Schädigungen der Organe durch krankhafte Vorgänge in ihnen.

Einige weitere Gruppen von Organempfindungen lassen sich mit Sicherheit einzelnen der großen Organsysteme zuweisen, an die die verschiedenen Lebensfunktionen gebunden sind, wenn wir auch über alles Nähere — wie z. B. über die bestimmte Natur der sie hervorrufenden Reize, oder den Ort ihrer Einwirkung u. a. — fast durchweg im unklaren sind. Vielleicht am mannigfaltigsten sind die von den Organen des Ernährungssystems vermittelten Empfindungen. Hier haben wir in erster Linie *Hunger* und *Durst*, nebst ihren Gegenfüßlern, den Empfindungen der *Sättigung* und des *gelöschten Durstes*. Sie kommen teilweise in Verbindung mit Hautempfindungen vor

in anderer Hinsicht, wenn man das Wort als einen bloßen Sammelnamen betrachtet, doch auch wieder brauchbarer Gedanke. Der Unterschied der Benennungen Gemeingefühle und Gemeinempfindungen beruht darauf, daß der lebhafte Lust- oder Unlustcharakter, der den in Betracht kommenden Erlebnissen in der Regel anhaftet, aber doch auch sehr wohl von ihnen gesondert werden kann, in dem ersten Falle mitgemeint ist, wie es ursprünglich üblich war, in dem zweiten nicht, sondern gesonderter Betrachtung vorbehalten bleibt, wie es bei den Neueren meist und so auch hier geschieht.

(Empfindungen von Trockenheit und Brennen beim Durst, von Druck in der Magengegend bei Sättigung), sind jedoch daneben auch als durchaus eigenartige Bewußtseinsinhalte anzuerkennen. Weiter sind hier zu nennen die Empfindungen des *Unbehagens* und der *Übelkeit*, z. B. bei Übersättigung oder nach Aufnahme ungeeigneter Nahrung, sowie die Empfindung des *Ekels*, soweit dieser in einem rein sinnlichen Erlebnis und nicht in Vorstellungen besteht. Die Bewegungsorgane liefern, abgesehen von den früher schon erwähnten Spannungsempfindungen, noch die Empfindung der *Ermüdung* (die nicht etwa als leichter Grad einer Schmerzempfindung anzusehen ist, aber allerdings unter Umständen sich mit Muskel- und Gelenkschmerzen verbindet) und die ihr entgegengesetzte des *Ausgeruhtseins* und allgemeiner *körperlicher Kräftigkeit*. Den Organen des Fortpflanzungssystems gehören die eigenartigen Empfindungen an, die, abgesehen von etwa begleitenden Vorstellungen, das *geschlechtliche Bedürfnis* ausmachen, sowie die *Wollustempfindung*, die seine Befriedigung begleitet. Daß die Tätigkeit der Absonderungsorgane ebenfalls unter Umständen zu Empfindungen Anlaß gibt (ausbrechende Tränen, Urindrang), sei nur beiläufig erwähnt. Als eine durch das Hauptorgan des Zirkulationsapparates, das Herz, vermittelte Empfindung ist die *Angst* sichergestellt, die in krankhafter Steigerung Störungen der Herztätigkeit vielfach begleitet. Nicht der Affekt der Angst, d. h. ein von erklärenden Vorstellungen durchsetzter und von Abwehrgedanken oder -bewegungen begleiteter sehr verwickelter Bewußtseinszustand, sondern eine völlig unerklärliche, gleichwohl aber sehr lebhafte, elementare und reine Angstempfindung. Den Atmungsorganen endlich ist die Empfindung der *Beklemmung* zuzuschreiben, wie man sie beim Atmen schlechter Luft, z. B. in überfüllten Räumen oder in einer Staubwolke, aber vielfach auch als Begleiterin der Angst hat. In ihren höheren Graden, wie sie z. B. bei unzureichender Luftzufuhr auftreten, wird sie als Empfindung der *Erstickung* bezeichnet; als Gegensatz hat sie neben sich die Empfindung von *Freiheit* und *Leichtigkeit*, das Bewußtsein des *Erhobenseins* bei frischer und würzig duftender Luft. Allerdings kommen diese Empfindungen häufig auch ohne deutliche Beteiligung der Atmungsorgane zustande: nicht jede angstvolle Beklemmung ist mit dem charakteristischen Ringen nach Luft verbunden, und die Erzeugung einer gehobenen Stimmung gehört bekanntlich zu den Wirkungen des Alkohols. Aber vielleicht haben wir es dann nur mit direkten Erregungen der zentralen Endapparate der Nerven zu tun, die sonst von den Lungen aus gereizt werden.

Außer alle dem aber sind nun den Organempfindungen noch eine Anzahl anderer Bewußtseinszustände zuzurechnen, deren materielle

Verursachung man kaum vermutungsweise einem bestimmten Organsystem zuweisen kann, die aber doch wahrscheinlich auf ebensolche Weise zustande kommen. Vielleicht ist bei ihrer Vermittlung der Zirkulationsapparat und das Gefäßsystem irgendwie beteiligt, womit es denn zusammenhängen mag, daß man sie verhältnismäßig am wenigsten zu lokalisieren vermag, sondern sozusagen im ganzen Körper erlebt. Bei zahlreichen Individuen ruft das Schneiden von Kork, das Zerreißen von Schwamm, der Anblick sehr scharfer Messer oder einer jähen Tiefe, das Kratzen auf einer Schiefertafel eigentümliche Sensationen hervor. Sie sind zweifellos in der Regel begleitet von Hautempfindungen (Gänsehaut, Kälte oder Wärme), daneben aber dürfte sich immer noch etwas konstatieren lassen, was irgendwo im Inneren des Körpers seinen Sitz hat. Vor allem aber möchte ich hierher zwei Reihen von Empfindungen zählen, von denen die einen oder die anderen fast unausgesetzt eine Art diffusen Hintergrundes unseres Seelenlebens bilden. Sie sind je antagonistisch gegliedert, wie wir es bei den vorhin durchlaufenen Gruppen auch schon fanden. Die eine Reihe umfaßt solche Empfindungen wie *Aufregung* und *innere Unruhe* mit den Gegensätzen *Beruhigung*, *Abspannung*, *Niedergeschlagenheit*, *Depression*, die andere Reihe Empfindungen von *Frische*, *allgemeiner geistiger Kraft* und *Lucidität*, und ihnen gegenüber von *Mattigkeit*, *Stumpfheit*, *Benommenheit*, *Schläfrigkeit*.

Eine Aufzählung unserer Empfindungserlebnisse, die auf Vollständigkeit Anspruch macht, würde vielleicht noch manches andere erwähnen können, allein es kommt hier nicht sowohl auf Einzelheiten als noch auf einen allgemeinen Gesichtspunkt an. Man wird bei der Nennung der zuletzt aufgeführten Organempfindungen, wie auch schon bei vorher erwähnten, vielfach eingewandt haben, daß doch solche Dinge, wie Aufregung und Niedergeschlagenheit, geistige Frische und Stumpfheit nicht einfache Empfindungen, sondern komplizierte Bildungen des Gefühls- und Vorstellungslebens seien. Die Bemerkung ist ganz richtig, aber die hier vertretene Auffassung deshalb nicht falsch; der scheinbare Gegensatz beruht wesentlich auf einer Namenfrage.

Als das erste Mal von der Organempfindung des Schmerzes die Rede war (S. 354), wurde darauf hingewiesen, daß die Sprache bei der ihr eigenen Sparsamkeit mit diesem Worte zwei Bedeutungen verbinde, die zwar nahe zusammenhängen, aber für eine genauere und klare Betrachtung der Dinge doch auch auseinander gehalten werden müssen. Ähnlich verhält es sich hier. Wenn man im gewöhnlichen Leben sagt, man sei aufgeregt oder beklommen oder depriniert oder besonders frisch und angeregt, so meint man allerdings recht Verwickeltes: das Vorhandensein bestimmt gearteter Vorstellungen, die

den Grund der Aufregung oder den Gegenstand der Anregung ausmachen, eine bestimmte Art und Weise des leichteren oder weniger leichten Ablaufs der Vorstellungsmassen, beides begleitet von stark ausgeprägten Lust- oder Unlustgefühlen. Daneben aber meint man zweifellos noch etwas anderes: eben die hier behandelten Organempfindungen, jene eigenartigen Sensationen, die als Zustände des organischen Körpers aufgefaßt und mehr oder weniger bestimmt in ihn hineinlokalisiert werden; beklommen fühlt man sich vorwiegend in der Herzgegend, frisch oder benommen vorwiegend im Kopfe, aufgeregt einigermaßen am ganzen Leibe. Es läßt sich nun leicht zeigen, daß diese Empfindungen, die in dem Gesamtzustand des Aufgeregt- oder Niedergeschlagenseins freilich nur ein Moment bilden, doch als das eigentlich Charakteristische und Wesentliche dieser Zustände empfunden werden. Die begleitenden Erlebnisse können mannigfach wechseln oder auch ganz fehlen; solange aber noch eine bestimmte jener Organempfindungen da ist, empfindet man die jeweiligen Gesamtkomplexe als gleichartige Bildungen und bezeichnet sie auch mit demselben Namen. Die Gefühlsbegleitung der Aufregung z. B. kann eine diametral entgegengesetzte sein. Bei der Aufregung des Zornes oder der Angst ist sie unlustvoll, bei der Aufregung der Freude oder der Erwartung lustvoll. Die jeweilig vorhandenen Vorstellungen sind natürlich hierbei gleichfalls die allerverschiedensten; ja sie können ganz und gar fehlen. Es gibt eine völlig gegenstandslose, d. h. mit gar keinen bestimmten Vorstellungen verbundene Aufregung, ebenso eine auf keinerlei angebbare Vorgänge bezogene, durchaus nicht bewußt motivierbare, aber doch sehr reale Niedergeschlagenheit, Angst, Freude usw. Hinterher werden freilich in solchen Fällen, die besonders häufig bei Erkrankungen der Seele vorkommen, aber auch aus dem normalen Leben jedem bekannt sein werden, hinterher werden in der Regel Vorstellungen assoziativ geweckt, die nach Analogie früherer Erfahrungen die Angst oder Niedergeschlagenheit „erklären", aber ursprünglich war nichts von ihnen vorhanden. Gleichwohl aber spricht man auch hier allemal noch von Aufregung, solange die eigentümlichen Unruheempfindungen des Körpers da sind, von Angst, solange Druck und Beklemmung in der Herzgegend empfunden werden usw., man braucht die Namen also in einem wesentlich engeren Sinne als gewöhnlich. Darin liegt die Berechtigung hier ebenso zu verfahren und die Bedeutung der mehrerwähnten Namen zunächst einmal auf die Organempfindungen einzuschränken, die sich für das sonst mit jenen Namen Bezeichnete als das eigentlich Charakteristische erweisen. Neue Benennungen für sie lassen sich doch nicht ohne weiteres schaffen. Erst durch eine besondere Hervorhebung dieser Empfin-

dungen aber vermag man der Struktur auch der umfassenderen Bildungen gerecht zu werden, in die sie unter Umständen oder auch in der Regel eingehen[1], und vermag man weiter — wie sich zeigen wird — manche Besonderheiten des seelischen Geschehens dem Verständnis näher zu bringen, die sonst rätselhaft bleiben.

Zweites Kapitel.

Die Empfindungen nach ihren gemeinsamen Eigentümlichkeiten.

Wie gleich bei der ersten Erwähnung der Empfindungen (S. 184) bemerkt, ist den mannigfachen Arten von ihnen, die wir nun kennen gelernt haben, vieles gesondert eigentümlich, vieles andere aber mehr oder weniger gemeinsam. Die in jener ersten Hinsicht in Betracht kommenden Dinge haben wir erledigt; wir wenden uns daher zur Darstellung des in der zweiten Hinsicht Bemerkenswerten und trennen dabei, entsprechend der bisherigen Behandlung, die Erörterung der gemeinsamen Eigenschaften der Empfindungen von der ihrer gemeinsamen Beziehungen zu den äußeren Reizen.

A. Allgemeine Eigenschaften der Empfindungen (Anschauungen).

§ 37. Allgemeines.[2]

1. Einführung. Man denke sich, eine Mehrheit äußerer Reize wirke auf die Seele und rufe in ihr Empfindungen hervor, ohne ihr

[1] Hierauf nachdrücklich hingewiesen zu haben, ist das Verdienst von W. James (What is an Emotion? Mind 1884 S. 188 und Principles of Psychology Ch. 25) und L. Lange (Über Gemütsbewegungen. Deutsch von Kurella. 1887), wobei, wie es zu geschehen pflegt, das bis dahin Vernachlässigte zunächst etwas zu stark unterstrichen wurde.

[2] Spencer, Principles of Psychology § 65 f. Stumpf, Ursprung der Raumvorstellung Kap. I (1873) und Tonpsychologie I § 6; 1883. Meinong, Hume-Studien II. Zur Relationslehre; 1882. Zur Psychologie der Komplexionen und Relationen. Zeitschrift für Psychologie **2** S. 245; 1891. Über Gegenstände höherer Ordnung. Ebda **21** S. 182; 1899. v. Ehrenfels, Über Gestaltqualitäten, Vierteljahrsschr. f. wiss. Philos. **14** S. 249; 1890. Witasek, Beiträge zur Psychologie der Komplexionen. Zeitschr. f. Psychol. **14** S. 400; 1897. Schumann, Zur Psychologie der Zeitanschauung. Ebda **17** S. 106; 1898. (Psychol. Stud. 2. Abt. S. 1). — Ich darf hier wohl bemerken, daß ich die im Text entwickelte Auffassung dieser Dinge schon seit Mitte der 80er Jahre in meinen Vorlesungen vertrete.

doch besondere Veranlassung zu geben, diese mit ihren Gedanken zu durchsetzen und zu bereichern. Angenommen z. B., man blicke in ein Kaleidoskop, was sieht man? Verschiedene Farben zunächst in verschiedenen Helligkeiten und Sättigungsgraden. Aber daneben noch manches Andere. Zugleich mit der Farbigkeit der kleinen Flecke erblickt man ihre verschiedenen Größen und verschiedenen Formen; man erkennt ohne weiteres verschiedene Figuren, Sterne, Rosetten u. dergl., zu denen sie angeordnet sind, und unterscheidet diese als einheitliche Ganze voneinander. Wird das Kaleidoskop gedreht, so bleibt das jeweilige Bild kurze Zeit bestehen, um sich dann rasch zu ändern, und beides wiederum, die kurzdauernde Identität des Musters wie sein Anderswerden durch die Bewegung der Steinchen, wird in demselben Akt und ebenso unmittelbar bemerkt wie ihre bloße Farbigkeit. Ähnlich auf anderen Sinnesgebieten. Wirken verschiedene Tonwellen objektiv nacheinander auf uns ein, so empfinden wir nicht nur einzelne Töne von verschiedener Höhe oder Stärke als zusammenhanglose Erlebnisse, sondern gleichzeitig hiermit auch die Zeit, die sie andauern, die Pausen, die sie zwischen sich lassen, den Ort, von dem sie herkommen, Unterschiede der Stärke zwischen den aufeinander folgenden Tönen oder ein Anschwellen und Schwächerwerden eines einzelnen von ihnen, vielleicht auch eine kleine Melodie, die sie als einigendes Band alle umschlingt.

Zusammengefaßt und verallgemeinert: haben wir Empfindungen beliebiger Art, so kommt uns an ihnen außer den bisher betrachteten besonderen Eigentümlichkeiten ohne weiteres und unvermittelt durch Reflexion noch vielerlei anderes zum Bewußtsein. Gestalt, Größe, Ort, d. h. räumliche Bestimmungen; Dauer und Zwischenzeit, d. h. zeitliche Bestimmungen; Stärkerwerden, Schwächerwerden, Sichbewegen, d. h. Veränderung; Mehrheit und Einheit; Identität, Ähnlichkeit und Verschiedenheit. Diese Erlebnisse haften den spezifischen Empfindungen — wie wir sie vorübergehend nennen wollen — in der Regel zu mehreren auf einmal in einer eigentümlich innigen Weise an, die eine Trennung nicht eigentlich in der sinnlichen Erfahrung, sondern nur in der abstrahierenden Vorstellung möglich macht. Zugleich aber gilt auch das Umgekehrte. Die aufgeführten Inhalte treten niemals für sich allein und isoliert auf, sondern (wenn wir von Vorstellungen hier noch absehen) stets in Verbindung mit spezifischen Empfindungen, in der Regel auch hier wieder je mit mehreren einer bestimmten Klasse von ihnen auf einmal; sie beruhen auf ihnen, werden von ihnen getragen, oder wie man sich ausdrücken will. Räumlichkeit ist etwas Gesehenes oder etwas Getastetes; räumliche Entfernung wird zwischen zwei Farbenflecken oder zwei berührten Hautstellen empfunden. Zeitlichkeit und die übrigen können an allen möglichen Empfindungen

vorkommen; das Bewußtsein eines zeitlichen Intervalls, einer Verschiedenheit, Mehrheit setzt ihrer stets mindestens zwei voraus.

Was sind nun alle diese Dinge? müssen wir fragen (als seelische Gebilde natürlich, ganz abgesehen von ihrer sogenannten objektiven Realität), und wie kommen wir dazu — falls sich hierüber etwas sagen läßt — sie bei Gelegenheit des Auftretens von Farben-, Ton- u. a. Empfindungen so gleichsam mitzuerleben?

Leider zeigen die Antworten der Psychologen auf diese Fragen noch wenig Einhelligkeit. Weder über die Zusammengehörigkeit der aufgeführten Inhalte zu einer besonderen Gruppe, noch über ihre Auffassung im einzelnen ist man zu allseitiger Übereinstimmung gelangt; mit mehreren ihrer Glieder hat man überhaupt erst in jüngster Zeit angefangen, sich in psychologischer Hinsicht näher zu beschäftigen. Eine Folge davon ist, um dies vorweg zu nehmen, daß auch noch kein allgemein gebräuchlicher gemeinsamer Name für diese Gebilde existiert. Gelegentlich findet man sie schlechthin als Empfindungen bezeichnet und von Raumempfindungen, Bewegungs-, Unterschiedsempfindungen gesprochen. Damit wird der wichtigen Tatsache nicht übel Ausdruck gegeben, daß sie mit derselben sinnlichen Lebhaftigkeit und derselben Unmittelbarkeit zum Bewußtsein kommen wie Töne, Gerüche usw. Allein zugleich werden sie dadurch gleichsam als so und so viele neue Klassen von Empfindungen neben die bereits unterschiedenen gesetzt, während sie diese doch vielmehr, wie eben erörtert, durchdringen oder auf ihnen basieren. Um dieses charakteristische Verhältnis anzudeuten, hat Meinong vorgeschlagen, sie als *fundierte Inhalte* oder auch als Vorstellungen höherer Ordnung zu bezeichnen. Indes für so geläufige Dinge, wie Raum, Zeit, Bewegung, von der gewöhnlichen Sprechweise so weit abliegende Benennungen einzuführen, scheint mir nicht empfehlenswert. Außerdem klingen sie an eine bestimmte Theorie des Zustandekommens dieser Inhalte an (S. 435), die jedenfalls für das hier gemeinte Elementare nicht paßt. Für das Bewußtsein von Raum und Zeit hat die Kantische Bezeichnung „Anschauungsformen" eine gewisse Verbreitung erlangt, und da sie mir zwanglos eine Erweiterung zuzulassen scheint und sonst für psychologische Zwecke noch nicht fixiert ist, werde ich hieran anknüpfen und die in Rede stehenden Inhalte gelegentlich *Anschauungen* nennen. Ich rede also nicht nur von räumlicher und zeitlicher, sondern auch von Veränderungs- und Mehrheitsanschauung; selbstverständlich ohne damit von Kantischen oder anderen Theorien etwas andeuten zu wollen.

Doch wir kehren zurück zu den vorhin aufgeworfenen Fragen nach dem psychischen Wesen und dem Zustandekommen der verschiedenen Anschauungsarten.

2. Genetische Theorien. Wenn man die mannigfachen Beantwortungen jener Fragen von den allgemeinsten Gesichtspunkten aus überblickt, so findet man als gemeinsamen Zug der überwiegenden Mehrzahl von ihnen die Tendenz, die Anschauungserlebnisse nicht als etwas Fundamentales und Letztes, direkt auf den äußeren Reizen Beruhendes aufzufassen, sondern sie irgendwie abzuleiten oder zu erklären durch Zurückführung auf ursprünglichere und elementarere Inhalte. Bei der Durchführung im einzelnen werden als Erklärungsmittel vielfach Erfahrungen verschiedenen Umfangs und verschiedener Art herangezogen (in welchen Fällen man dann von *empiristischen Theorien* spricht), aber charakteristischer als die hierdurch bedingten Verschiedenheiten ist ein anderer Gegensatz. Man kann ihn als einen solchen passivistischer und aktivistischer Erklärungstendenzen bezeichnen.

Nach den einen sind die Anschauungen von Raum, Zeit, Zahl usw. ganz naturgemäße und gesetzmäßige Ergebnisse allgemein bekannter und anerkannter seelischer Prozesse. Sie entwickeln sich teils auseinander, teils aus den spezifischen Sinnesempfindungen, wie Farben und Tönen, durch das bloße Walten der Assoziationsgesetze oder auch anderer eigenartiger Gesetze, ohne daß sonst noch etwas hinzuzukommen brauchte. Es bedarf bloß gewisser Verwicklungen und Kombinationen der Empfindungen, um zunächst die einfacheren und dann die übrigen Anschauungen ohne weiteres und ein Mal so wie alle Male aus ihnen hervorgehen zu lassen. So hat man viele Male die Zahl aus der Zeit abgeleitet, die Bewegung aus Zeit und Raum, namentlich aber die Raumanschauung aus einer eigentümlichen Vereinigung von Farben- oder Tastempfindungen mit den sogenannten Muskelempfindungen.

Die anderen erklären eine solche Ableitung der Anschauungen aus unserer bloßen sinnlichen Organisation und dem Mechanismus sozusagen des seelischen Geschehens für eine völlige Unmöglichkeit. Sie sehen vielmehr in ihnen Beweise einer eigentümlichen höheren Aktivität der Seele, durch die sie sich über das rein passive Empfinden erhaben zeigt. Die ihr durch äußere Reize aufgedrungenen Empfindungen sind an sich, nach dieser Theorie, ungeordnet und ohne Beziehungen zueinander. Sie wirken nun aber selbst wieder als Reize auf die Seele und veranlassen sie zu mannigfachen Tätigkeitsäußerungen und weiteren Bearbeitungen der aufgenommenen Eindrücke. Das gestaltlose Material bringt sie in gewisse Formen, das Zusammenhanglose und Einzelne verknüpft sie und setzt es in Beziehungen zueinander. Verglichen mit den Sinnesempfindungen sind die Resultate dieser Gestaltungstätigkeit, eben unsere Anschauungen, etwas durchaus Neues und Höheres. Es ist die innerste Natur und Eigenart der Seele, die sich in ihnen dokumentiert, zu deren Hervorkehrung die

Empfindungen zwar eine notwendige äußere Veranlassung, aber nicht mehr die eigentlich zureichenden Ursachen bilden. Je nach den jedesmal in der Seele waltenden Umständen und der dadurch bedingten Art ihrer Betätigung sind daher auch die auf der gleichen Empfindungsgrundlage erarbeiteten Anschauungen ganz verschieden: dieselbe objektive Mehrheit von Punkten weckt ein Mal die Vorstellung ihrer Anzahl, ein ander Mal die einer räumlichen Figur.

Beide Theorien haben tiefgehende Wurzeln; sie stehen in nahen Beziehungen zu großen metaphysischen und erkenntnistheoretischen Gegensätzen. Die aktivistische Auffassung der Dinge bietet eine naheliegende Handhabe, deren sich z. B. noch Lotze bediente, für die Lehre von einem besonderen substanziellen Seelenwesen; in erkenntnistheoretischer Hinsicht hat Kant sie seinem Rationalismus zugrunde gelegt. Und für die Gegner einer gegen ihre eigenen Erlebnisse sich wendenden Seele und eines nicht-empirischen Zustandekommens unserer Erkenntnisse ist ebendamit die passivistische Auffassung das Gegebene. Natürlich aber kommt hier für uns allein die rein psychologische Vertretung und Begründung der beiden Erklärungsweisen in Frage, und in dieser Hinsicht lassen sich in der Tat zugunsten einer jeden gewisse Gesichtspunkte geltend machen.

Wie schon hervorgehoben, existieren die Anschauungen nicht isoliert, sondern haften an den spezifischen Empfindungen. Dieser subjektiven Zusammengehörigkeit der beiden aber entspricht eine nicht minder große objektive: die äußeren Reize der Anschauungen sind durchaus identisch mit denen der jedesmal mitauftretenden Empfindungen; besondere abtrennbare Ursachen für sie existieren nicht. Dieselben objektiven Vorgänge, die eine Farben- oder Geruchsempfindung hervorrufen, bewirken auch, daß jene als etwas Flächenhaftes und beide als etwas mehr oder minder Dauerndes empfunden werden; andere Grundlagen hierfür sind nicht nachzuweisen. Dieses Verhältnis vermag wohl den Gedanken nahezulegen, auch subjektiv seien die Anschauungen eigentlich schon in den spezifischen Empfindungen enthalten, nicht gerade direkt und unmittelbar, aber doch etwa so, wie z. B. die Eigenschaften des Wassers schon durch diejenigen des Wasserstoffs und Sauerstoffs bestimmt gedacht werden müssen. Und das ergibt sogleich den Grundgedanken der passivistischen Theorien, es müsse irgendwie möglich sein, aus jenen Empfindungen die latent schon darinsteckenden Anschauungen heraus zu deduzieren und als gesetzmäßige Produkte zu begreifen.

Andererseits aber besteht zwischen Empfindungen und Anschauungen doch auch eine gewisse Unabhängigkeit. Dieselbe Vielheit von Punkten ruft, wie vorhin bemerkt, bald eine Anschauung

ihrer Vielheit, bald die einer räumlichen Figur hervor. Namentlich aber gilt das Umgekehrte: ein und dieselbe Anschauung kann auf ganz verschiedenen Einzelempfindungen beruhen. Dieselbe Verschiedenheit besteht zwischen Sternen 1. und 2. und Sternen 3. und 4. Größe, dieselbe Zeit kann zwischen zwei Pulsschlägen und zwei elektrischen Schlägen wahrgenommen werden, dieselbe Flächengröße einem links liegenden roten und einem rechts liegenden blauen Felde zukommen. Und das führt vollkommen verständlich doch auch auf den aktivistischen Gedanken, daß außer den bloßen Empfindungen und etwa ihren Assoziationen hier noch eine andere, von ihnen unabhängige Macht im Spiele sein müsse.

Eine zweite Stütze, auf die sich jede Theorie berufen kann, ist diese. Das, was eine jede über das Zustandekommen der Anschauungen behauptet, läßt sich unter gewissen Umständen oder an Bewußtseinsinhalten, die mit jenen aufs engste zusammenhängen, unzweifelhaft als tatsächliche Wirklichkeit nachweisen. Der Raum gilt uns als eine dreidimensionale Mannigfaltigkeit, aber das Bewußtsein der Tiefendimension beruht, wie sogleich gezeigt werden wird, durchaus auf der assoziativen Verarbeitung gewisser Erfahrungen; ebenso zahlreiche Besonderheiten der flächenhaften Räumlichkeit, z. B. bei den sog. optischen Täuschungen. Die Vorstellungen von Vergangenheit und Zukunft, von einer Bewegung der Erde um die Sonne, weiter die Begriffe eines unendlichen leeren Raumes oder einer solchen Zeit, von Veränderung und Zahl im allgemeinen usw., das alles sind notwendige Ergebnisse solcher gesetzmäßigen seelischen Prozesse, wie die passivistischen Theorien sie im Auge haben. Nichts scheint näher zu liegen als der Gedanke, daß das, was für die Bildung des Höheren und Verwickelten nachweislich gilt, auch bei der Entstehung des gleichartigen Einfachen schon wirksam sein müsse. Aber wiederum kann auch die aktivistische Auffassung ein solches Argument für sich geltend machen. Eine bestimmte räumliche Gestalt inmitten anderer, ein musikalisches Motiv im polyphonen Satz, Verschiedenheiten der Färbung und Belichtung an einem Gewand u. a. bleiben häufig genug völlig unbemerkt, wenn auch die objektiven Veranlassungen für ihre Wahrnehmung in ausreichendem Maße vorhanden sind. Es bedarf dann gewisser aktiver und willkürlicher Operationen, damit sie hervortreten. Man muß etwa räumlich Getrenntes nebeneinander legen, den Blick hin- und hergehen lassen, gewisse Linien und Töne geistig festzuhalten suchen usw., kurz mannigfache von dem bloßen Empfinden unabhängige Tätigkeiten ausüben, wie eben die aktivistischen Theorien sie meinen.

Gleichwohl aber, trotz solcher für sie sprechenden Gründe, haben

sich beide Theorien als irrig erwiesen. Die mannigfachsten Versuche, von ihren allgemeinen Gesichtspunkten aus nun zu befriedigenden Erklärungen im einzelnen zu gelangen, sind als gescheitert zu betrachten. Jener naheliegende Gedanke, daß die für das Verwickelte gültigen Erklärungsprinzipien auch für das gleichartige Einfachere gültig sein müßten, ist im Grunde doch eine Täuschung. Man kann mancherlei Eigenschaften der Dinge aus der Gestaltung der sie zusammensetzenden Teilchen erklären oder als erklärbar betrachten, aber man kann damit nicht ins Unbegrenzte fortfahren. Schließlich einmal müssen letzte Eigenschaften letzten Teilchen ohne weiteres und ohne Vermittlung anhaftend gedacht werden. Ähnlich hier. Wenn die Anschauungen von räumlicher Ausdehnung, zeitlicher Dauer usw. nicht irgendwo einmal, sei es auch nur in rudimentärer Form, als etwas Letztes und unmittelbar Gegebenes anerkannt werden, so ist es unverständlich, wie die Seele je dazu kommen sollte, sie assoziativ oder nach sonstigen Gesetzen weiter zu verarbeiten. Und ebenso nach der anderen Seite. Nur weil das Bewußtsein von Ähnlichkeit oder einem einheitlichen Ganzen in einfacheren Fällen ohne jede Vermittlung und ohne anderen Aufwand von Aktivität in die Seele springt, als er auch bei dem einfachen Empfinden von Farben und Gerüchen stattfindet, nur deshalb kann in verwickelteren Fällen dieses Bewußtsein sich auch als Folge besonderer Tätigkeiten einstellen. Wenn das bloße Nebeneinanderliegen zweier farbiger Felder und ihre einmalige Betrachtung unter Umständen nicht genügte, um die Anschauung ihrer Verschiedenheit entstehen zu lassen, wie sollte die Tätigkeit des Nebeneinanderlegens jener Felder und das Hin- und Herwandern des Blickes je dazu führen? Solche Tätigkeiten an sich können doch den Eindruck nicht hervorzaubern; sie können nur eine seinem Eintreten ungünstige Gestaltung der Umstände in eine günstigere verwandeln und sind also für seine eigentliche Verursachung etwas rein Nebensächliches.

Eine Kritik der verschiedenen Einzeltheorien zur besseren Beglaubigung des Gesagten würde hier natürlich zu weit führen; einige Haupttypen werden im folgenden noch eingehender besprochen werden und mögen als Beispiele dienen. Aber es ist möglich, den allgemeinen Grund des Irrtums aller Ableitungshypothesen kurz näher zu bezeichnen, und die Einsicht in ihn wird der Klärung der ganzen Frage dienlich sein.

Sollen die Anschauungserlebnisse durch irgendwelche seelische Vermittlung aus spezifischen Sinnesempfindungen zustande kommen, so ist jedenfalls die erste Voraussetzung, daß solche Empfindungen, aus denen sie annehmbarerweise entstanden sein könnten, tatsächlich

für die Seele vorhanden sind. Wie die meisten bisher gebrauchten Beispiele zeigen, ist diese Bedingung in vielen Fällen erfüllt; in vielen anderen aber ist sie keineswegs erfüllt, und in diesen fehlt es mithin den behaupteten seelischen Prozessen an einem Substrat. Auf den Seitenteilen der Netzhaut z. B. und auf der Haut werden kleine Bewegungen empfunden, deren objektive Ausgangs- und Endpunkte schlechterdings nicht als getrennte Punkte zum Bewußtsein gebracht werden können, der dazwischen liegenden Punkte ganz zu geschweigen. Ist aber die Anschauung von Bewegung etwas Vermitteltes und Sekundäres, wie soll der sie hervorbringende Prozeß einsetzen, wenn nicht primär verschieden lokalisierte Gesichts- oder Hautempfindungen vorhanden sind, die nun durch ihn zu einem Ganzen verknüpft werden? Man kann zwei Töne oder zwei Farben mit aller Sicherheit als verschieden erkennen, ohne den einen Ton als höher und den anderen als tiefer oder die eine Farbe als rötlicher und die andere als bläulicher bezeichnen zu können. Besonders deutlich ist die Sache bei der Raum- und Zeitanschauung. Man sagt, eine Fläche „bestehe" aus Punkten, sogar aus unendlich zahlreichen Punkten, ein dauernd erklingender Ton aus aufeinander folgenden momentanen Toneindrücken. Nach den Ableitungstheorien sind jene Farbenpunkte an sich und ursprünglich nichts Räumliches, die Augenblickstöne nichts Zeitliches; erst durch irgendwelche Vorgänge mit ihnen und an ihnen werden sie zu solchen Kontinuen ausgebreitet und verbunden. Dem sei so; dann müssen sie doch sicherlich irgendwann einmal als irgendwie empfundene Mehrheiten in der Seele nachweisbar und vorhanden sein, etwa wie beim Lesen die zu Worten verbundenen Buchstaben wohl teilweise nicht beachtet werden, aber doch nicht sämtlich für das Bewußtsein verschwinden können. Sie sind aber für die unbefangene Beurteilung gar nicht vorhanden. Man sieht eine Fläche und weiß im allgemeinen nichts von den vielen Punkten, die in ihr „verschmolzen" sein sollen; man hört einen Ton, aber nichts von einer Mehrheit in ihm; der Eindruck kann ein ebenso einfacher und ungeteilter sein wie etwa der eines Knalles oder eines flüchtigen Geruchs. Freilich kann man nach den nötigen Erfahrungen Punkte in die sinnlich ungeteilt bleibende Fläche hineinfingieren und hineinphantasieren, aber dann sind sie offenkundig etwas Sekundäres und ganz Unanschauliches; solche Punkte können der Anschauung der Fläche unmöglich zugrunde liegen.

Vorhanden in sinnlicher Lebhaftigkeit sind die theoretisch zu fordernden Mehrheiten in jenen Fällen allein unter anderen Umständen. Die äußeren Reize z. B. können sie enthalten. Objektiv mögen es Sandkörnchen oder Ziegelsteine oder isolierte Fädchen sein,

was ich als einförmige Fläche erblicke; ändere ich nun mein Verhältnis zu ihnen und trete näher heran, so sehe ich die Teile, aus denen die Fläche „besteht". Oder die Mehrheit läßt sich durch eine leicht ausführbare Veränderung der objektiven Reize in sie hineinbringen; eine Fläche kann ich durch Linienziehen oder durch Zerschneiden und Zusammenfügen der Stücke in Teile zerlegen, einen andauernden Ton durch Unterbrechen der Windzufuhr stoßweise erklingen lassen. In Wahrheit ändert das, was unter besonderen Umständen der Fall ist, natürlich gar nichts an dem Tatbestand da, wo diese Umstände fehlen. Aber aus praktischen Gründen betrachtet man etwas doch als „denselben" Sammet, einerlei ob man ihm nahe oder fern steht, einen Bogen Papier als „dasselbe" Blatt, ob Punkte und Striche darauf sind oder nicht. Und der allgemeine Fehler der Erklärungstheorien besteht nun darin, daß sie das, was unter gewissen Umständen und nur unter diesen in der Seele vorhanden ist, in jene Fälle hineintragen, in denen es seelisch auf keine Weise nachgewiesen werden kann, weil allerdings die Verschiedenheiten der Umstände praktisch irrelevant erscheinen, daß sie dem jeweilig vorhandenen Seelischen seine anderswoher bekannten objektiven Ursachen oder ein auf ähnlichen Ursachen Beruhendes unterschieben und beides durcheinander werfen. Ein ungemein verbreiteter Fehler alles psychologischen Theoretisierens; dem naiven Menschen, dem sich das praktisch wichtigere Objektive stets in den Vordergrund des Denkens drängt, wie auch Physikern und Physiologen, die sich mehr beiläufig mit psychischen Dingen befassen, sehr naheliegend, und ebendarum eine schwer zu stopfende Quelle ungezählter Unklarheiten und Verwirrungen selbst in einfachen Fragen. Hält man die Dinge reinlich auseinander, so verschwinden den genetischen Theorien in vielen hergehörigen Fällen die Handhaben zu ihren Konstruktionen, und sie erweisen sich als falsche Übertragungen von Vorgängen des höheren Seelenlebens auf seine elementaren Grundlagen.

3. Nativistische Auffassung. Sind die Anschauungserlebnisse nichts seelisch Vermitteltes, so bleibt nur übrig, daß sie ohne Zwischenglieder, als direkte seelische Gegenwirkungen auf die objektiven Reize zustande kommen. Man bezeichnet diese Meinung von der Sache als *Nativismus*, wenn auch dieser Name sich ursprünglich nur gegen erfahrungsmäßige Vermittlungen wendet. Natürlich darf man ihn nicht so mißverstehen, als ob ein Angeborensein irgendwie fertiger Anschauungen behauptet werden sollte; diese Entstellung findet sich nur bei Gegnern des Nativismus. Er soll weiter nichts bedeuten, als daß die Anschauungen von Raum, Zeit, Vielheit usw.

(selbstverständlich nur in ihrer primitivsten Gestalt) in der Seele unmittelbar durch die äußeren Reize hervorgerufen werden, ohne angebbare Mittelglieder, wie namentlich Erfahrungen, lediglich vermöge der angeborenen Struktur der materiellen Organe einerseits und der ursprünglichen Reaktionsweise der Seele auf die nervösen Erregungen andererseits, daß es sich, kurz gesagt, mit ihnen ganz ebenso verhält wie mit den Empfindungen von Tönen, Geschmäcken usw.

Nun aber sind besondere äußere Reize für die Anschauungen, getrennt von den Empfindungsreizen, nicht vorhanden; es fragt sich also, wie dieselben objektiven Vorgänge es anfangen mögen, gleichzeitig so Verschiedenes zu bewirken. Die Antwort wird durch solche Erscheinungen wie die der Klangfarbe und der Farbensättigung gegeben: die seelischen Wirkungen der objektiven Prozesse hängen nicht nur von der physikalischen Beschaffenheit der Reize, sondern außerdem auch von ihrer Kombination, von ihrer Vereinigung zu Reizgruppen ab. Und in bestimmten Verbindungen und Beziehungen der Reizvorgänge besteht nun eben die materielle Grundlage der Anschauungen. Dieselben Reize, die vermöge ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften die spezifischen Empfindungen hervorrufen, rufen vermöge ihrer räumlichen Ausbreitung und Anordnung, ihrer Dauer und Aufeinanderfolge, vermöge ihres Gleichbleibens oder ihrer Veränderung die an jenen haftenden Anschauungen hervor. Die räumlichen, zeitlichen und verwandtschaftlichen Verhältnisse der Glieder eines Reizkomplexes sind es, die das Auftreten der verschiedenen Anschauungen an den durch ihn bewirkten Empfindungen bedingen.

Nicht freilich so, als ob die objektive Räumlichkeit und Zeitlichkeit der Dinge als solche ohne weiteres in die Seele hineinwanderte; Objektives und Subjektives sind hier wohl auseinanderzuhalten. Sondern obschon allein jene objektiven Verhältnisse die bewußten Erlebnisse von Ausdehnung, Dauer, Vielheit usw. verursachen, sind diese doch durchaus eigenartige Schöpfungen der Seele und auch keineswegs bloße Abbilder des Objektiven. In der Außenwelt stellen sich die verschiedenen räumlich-zeitlichen Gestaltungen bestimmter Reize lediglich dar als anders angeordnete Summen derselben Glieder. Auf die Seele dagegen wirkt jede Gestaltung als ein eigenartiges und einheitliches Ganzes; in dem durch sie hervorgebrachten Anschauungseffekt treten die Wirkungen der objektiven Einzelreize vielfach (wie in den S. 439 erörterten Fällen) ganz zurück hinter der Wirkung, die der Komplex als solcher ausübt. Diese kann daher auch auf keine Weise mehr als Summe der Einzelwirkungen aufgefaßt

werden, vielmehr sind die Wirkungen verschiedener Verbindungen objektiv identischer Einzelreize oft beträchtlich voneinander verschieden. Werden die Augen 3 Sekunden lang durch Ätherschwingungen einer bestimmten Art gereizt, so sieht man eine bestimmte Farbe mit dem Bewußtsein einer bestimmten Dauer; wird die Zuführung derselben physischen Energie durch zwischengelegte Pausen über 6 Sekunden verteilt, so erlebt man an demselben Farbeneindruck Intervalle, Mehrheit, Identität, lauter Dinge, von denen in dem ersten Falle nichts vorhanden war. Rätselhaft, wenn man so will; aber im Grunde doch nicht rätselhafter, als daß der Organismus anders reagiert, wenn man ihm 50 g Alkohol auf einmal einflößt, als wenn man sie in Gaben von 10 g auf 5 Stunden oder 5 Tage verteilt.

Man kann die Frage nach der materiellen Basierung der Anschauungen noch etwas weiter verfolgen. Wenn es in der Außenwelt die räumlichen, zeitlichen und verwandtschaftlichen Beziehungen der Empfindungsreize sind, die ihnen zugrunde liegen, wie vermögen diese nun auf die Seele, d. h. zunächst auf das Nervensystem, einzuwirken? Wo sind die Organe, die von ihnen erregt werden? welcher Art — wenigstens ganz im allgemeinen — die von ihnen hervorgerufenen nervösen Prozesse? Für die Antwort haben wir wieder einen Fingerzeig an Sättigung und Klangfarbe, namentlich aber an der charakteristischen Tatsache, daß die verschiedenen Anschauungsarten (abgesehen von Raum und Bewegung, die auf den Gesichts- und Tastsinn beschränkt sind,) an sämtlichen spezifischen Empfindungen vorkommen. Besondere Organe für die Vermittlung der Anschauungen sind gar nicht vorhanden; die Sache wird von den die spezifischen Empfindungen vermittelnden Sinnesorganen ohne weiteres mitbesorgt. Und ebensowenig gibt es für sie besondere, d. h. materiell von den sonstigen Empfindungsprozessen abtrennbare, nervöse Erregungen. Vielmehr verhält es sich hiermit so.

Die Sinnesorgane samt den ihnen zunächst zugehörigen nervösen Zentren stellen sich gewiß zunächst dar als sehr verschieden gebaute und verschieden ausgestattete Apparate. Aber sie sind doch nicht bloß voneinander verschieden. Sondern zum guten Teil bestehen sie aus demselben Material, nämlich aus nervösen Elementen, und in deren verwickeltem Aufbau zu größeren Ganzen lassen sich vielfach dieselben Prinzipien erkennen. Wirken äußere Reize auf sie ein, so müssen die in ihnen hervorgerufenen Prozesse naturgemäß verschieden sein, soweit die physikalisch-chemische Beschaffenheit der Reize und die ihr angepaßte Funktion der ersten Aufnahmeapparate verschieden ist. Aber zur selben Zeit müssen jene Prozesse auch gleich oder ähnlich ausfallen, soweit nämlich in der Außenwelt die Verbindungsweise der

Reize zu einem Ganzen und innerhalb der Sinnesorgane die Grundeigenschaften der nervösen Materie und die allgemeinen Konstruktionsprinzipien ihres Aufbaues dieselben sind. Das reale Geschehen in jedem Falle ist natürlich immer nur eins und fällt nicht in Teile auseinander; aber es ist ein vielseitiges, es lassen sich an ihm verschiedene Züge unterscheiden, und bei einer Mehrheit von Erregungsvorgängen stimmen diese Züge teilweise überein, teilweise nicht überein. Diese verschiedenen Seiten der nervösen Prozesse in den Sinnesorganen und den zugehörigen Zentralteilen nun sind es, die uns seelisch als spezifische Empfindungen und als Anschauungen zum Bewußtsein kommen. In der besonderen Eigenart der beim Sehen, Hören, Schmecken stattfindenden Erregungen liegt es, daß wir ihre seelischen Wirkungen als etwas ganz Disparates, wie Helles, Lautes, Bitteres, empfinden, in den übereinstimmenden Zügen derselben Erregungen, daß uns alle diese Eindrücke je nach Umständen als dauernd oder intermittierend, sich verändernd usw. bewußt werden. Die den Anschauungen zugrunde liegenden nervösen Vorgänge stecken also in ganz denselben Prozessen, die den Empfindungen zugeordnet sind, aber nicht in sämtlichen, sondern nur in den gemeinsamen Eigentümlichkeiten dieser Prozesse, deren nähere Angabe uns freilich noch nicht möglich ist.

Auf diese Weise wird auch die bisher noch nicht hervorgehobene Tatsache verständlich, daß die verschiedenen Anschauungsarten (wieder mit Ausschluß von Raum und Bewegung) nicht nur den Empfindungen, sondern ebenso den Vorstellungen anhaften. Auch die Gedanken kommen uns unmittelbar als dauernd, sich verändernd, verschieden, mehrheitlich usw. zum Bewußtsein, ganz abgesehen davon, daß sie außerdem auch empfundene Dauer usw. abbilden können. Die materiellen Ursachen der Anschauungen sind eben in ganz allgemeinen Eigenschaften der nervösen Materie zu suchen, und diese müssen naturgemäß auch an den psychischen Wirkungen der reinen, d. h. nicht mit peripheren Erregungen verbundenen, Gehirnprozesse zutage treten.

Zugleich haben wir nunmehr eine richtige (in der Überschrift dieses Paragraphen schon angedeutete) Einsicht in das wahre Verhältnis der bisher sogenannten Anschauungen zu den spezifischen Empfindungen gewonnen. Sind die ihnen entsprechenden nervösen Prozesse verschiedene Seiten eines und desselben real ungeteilt ablaufenden Vorganges, so muß natürlich ihr psychisches Wesen ebenso aufgefaßt werden. Bezeichnen wir also jetzt als *Empfindung* das psychische Äquivalent der Einwirkung einer einheitlichen Reizgruppe auf ein Sinnesorgan, so bilden jene beiden die verschiedenen Seiten oder Eigenschaften, die sich an einem solchen Erlebnis unterscheiden lassen. Gewisse

Eigenschaften sind bei den durch verschiedene Organe vermittelten Empfindungen schlechthin unvergleichbar miteinander; sie gehören einer einzelnen, in der Regel durch ein Organ vermittelten Klasse ausschließlich an. So das Farbig- und Hellsein den Gesichtsempfindungen, das Hoch- oder Tief- und Lautsein den Gehörsempfindungen. Andere Eigenschaften dagegen sind mehreren oder allen Empfindungsarten gemeinschaftlich, so das Ausgedehntsein den Gesichts- und Hautempfindungen, das Dauernd- und Veränderlichsein allen Empfindungen überhaupt. Die gewöhnlich sogenannten Sinnesempfindungen nun sind nichts als die durch abstrahierende Betrachtung herausgehobenen spezifischen und unterscheidenden Eigenschaften der real ungeteilten Empfindungen in dem eben angegebenen volleren Sinne, und die Anschauungen nichts als die wiederum durch abstrahierende Betrachtung herausgehobenen gemeinsamen und übereinstimmenden Eigenschaften derselben Empfindungen.

Man wird fragen, wenn sich dies so verhalte, wo dann *Intensität* und *Qualität* bleiben, die doch nach übereinstimmendem Urteil in erster Linie als allgemeine Eigenschaften der Empfindungen zu betrachten seien. Die Antwort ist einfach. Beides sind Sammelnamen für die *spezifischen* Eigenschaften der Empfindungen im obigen Sinne, deren gelegentlicher Gebrauch ganz zweckmäßig ist, *denen aber etwas Gemeinsames an den verschiedenen Empfindungsarten selbst und unabhängig von assoziativen Faktoren durchaus nicht entspricht.* Gesehene und getastete Ausdehnung sind ohne weiteres miteinander vergleichbar, ebenso die Dauer eines Tones mit der eines Schmerzes. Dagegen hell, laut und heiß, d. h. höhere Intensitätsgrade von Gesichts-, Gehörs- und Hauteindrücken, oder solche „Qualitäten“ wie violett, sauer, hart, haben schlechterdings gar nichts miteinander gemeinsam, abgesehen, wie gesagt, von etwa hinzuassoziierten Dingen. Das Gemeinsame liegt allein auf Seiten der äußeren Reize, die auch hier wieder wegen ihrer praktischen Wichtigkeit die Aufmerksamkeit zuerst auf sich gezogen haben. *Intensitäten nennt man diejenigen Eigenschaften der Empfindungen, die von quantitativen Veränderungen der objektiven Reize abhängen, Qualitäten die übrigen Eigenschaften,* ohne hier weiter zu unterscheiden je nach der verschiedenen Art der nicht-quantitativen Abhängigkeit. Auch diese Beschränkung hat wieder praktische Gründe. Daß 10 Flammen im Vergleich mit einer eben das hervorbringen, was man als intensiveres Licht und intensivere Hitze bezeichnet, liegt für jedermann auf der Hand, wovon aber die „qualitativen“ Verschiedenheiten von Farbenton und Sättigung, Tonhöhe und Klangfarbe, Veilchengeruch und Ledergeruch abhängen, ist verborgen. Sieht man ab von jedem Gedanken an ihre objektive Verursachung und betrachtet die spezifischen Eigenschaften der Empfindungen rein für sich, als psychische Erlebnisse, so besteht keine Möglichkeit mehr einer weiteren allgemeinen Gruppierung. Sie bilden so viele Sondergruppen, wie es Arten von Empfindungen gibt, und in jeder Gruppe eine mehr oder minder große Mehrheit (die Dimensionen des betreffenden Empfindungsgebietes). Die negative Seite dieser Tatsache hat gelegentlich in einer sehr ungeschickten Form Ausdruck gefunden, in der Behauptung nämlich, daß die Intensitätsverschiedenheiten der Empfindungen eigentlich auch als qualitative

zu betrachten seien (weil eben die Empfindungen selbst zu dieser Zweiteilung keine Handhabe bieten), die dann wieder als offenbarer Mißbrauch der einmal bestehenden Termini mannigfache Diskussionen hervorgerufen hat. Mit der Einsicht in die dargelegten Verhältnisse verfliegen alle solche Schwierigkeiten.

§ 38. Die Raumanschauung. Allgemeines.

1. Grundbestimmungen. Das charakteristische Merkmal des räumlichen Ausgedehntseins ist, wie allbekannt, seine Dreidimensionalität. D. h. die Räumlichkeit haftet den Empfindungen, denen sie zukommt, in drei voneinander unabhängigen Beziehungen an; um sie genau zu beschreiben, muß man drei voneinander unabhängige Angaben machen, wozu verschiedene Vereinigungen solcher Worte wie *Länge*, *Breite*, *Höhe*, *Dicke*, *Weite* benutzt werden. Außerdem aber ist es gebräuchlich, die räumlichen Eigenschaften ganzer Empfindungskomplexe zusammenfassend zu bezeichnen, was durch zwei Gruppen von Bestimmungen möglich ist. Wird ein Empfindungskomplex als Ganzes, als ein sogen. Ding, aufgefaßt, so bezeichnet man die gesamte ihm anhaftende Räumlichkeit als *Gestalt*, *Größe*, *Volumen*. Werden dagegen mehrere Dinge zueinander in Beziehung gesetzt und nicht sowohl die Raumbestimmungen ins Auge gefaßt, die ihnen einzeln und für sich, als vielmehr die, die ihnen gemeinsam (oder auch, wenn man will, dem andersartigen Zwischenliegenden) zukommen, so spricht man von ihrer *Lage* zueinander, von *Entfernung* und *Richtung*. Alles das sind ihrem Wesen nach nicht neue und andersartige Bestimmungen neben den ersterwähnten, sondern mit Rücksicht auf praktische Zwecke in bestimmter Weise ausgewählte oder kombinierte Dimensionsangaben.

Wie gleichfalls allbekannt und schon mehrfach erwähnt, sind die Empfindungen, an denen sich die Eigenschaft der Räumlichkeit gemeinsam findet, diejenigen des Gesichts und der Haut. Allerdings hört man in gewisser Weise auch Räumliches: die Richtung, aus der ein Schall herkommt, unter Umständen auch die ungefähre Entfernung, aus der er stammt; schon den einzelnen Tönen scheint eine Art Räumlichkeit zugeschrieben werden zu müssen: die tiefen haben etwas dickes und voluminöses, die hohen etwas dünnes und spitzes. Allein, wie bereits S. 294 auseinandergesetzt, ist diese Ausdehnung der Töne metaphorisch zu verstehen, nicht als eine besondere Eigenschaft neben Höhe und Tiefe, sondern als eine Art Charakterisierung eben dieser Eigenschaft, etwa wie man gelbe und blaue Farben auch wohl als warme und kalte bezeichnet. Richtung und Entfernung dagegen hören wir den Schalleindrücken zwar im eigentlichen Sinne an, aber doch

nicht unmittelbar und ursprünglich, sondern erst auf Grund mannigfacher Erfahrungen, wie wir ja auch unsere Empfindungen von Kopf- und Gliederbewegungen erst auf Grund von Erfahrungen räumlich deuten (S. 385 und 408). Die Zahl der Raumsinne ist also doch auf die beiden vorhin genannten beschränkt. Ja, auch für sie ist noch eine Einschränkung zu machen, wenn auch in anderer Hinsicht: sie sind Raumsinne in strenger Bedeutung des Wortes nicht für die ganze dreidimensionale, sondern nur für eine zweidimensionale Räumlichkeit; das übrige beruht auch bei ihnen auf der Vermittlung von Erfahrungen. Dieser Punkt ist zunächst ins klare zu bringen.

2. Die Tiefendimension.[1] Wirft man einen Blick in die freie Natur oder nimmt man Gegenstände in die Hand und betastet sie, so glaubt man ihre dreidimensionale Räumlichkeit sozusagen durch und durch zu erfassen oder zu erblicken, und zwar beides in unmittelbar sinnlicher Empfindung, ebenso lebhaft und fern von bloßer Vorstellungsblässe, wie man die Färbung, Härte und Temperatur jener Dinge empfindet. Gleichwohl besteht hier eine große Schwierigkeit. Unser Sehorgan sowohl wie das Tastorgan sind flächenhaft ausgebreitete, also zweidimensionale Gebilde. Daß die objektiven Dinge mit ihrer Räumlichkeit in zwei Dimensionen auf sie einwirken können, ist wohl verständlich. Wie sie es jedoch anfangen sollen, diesen Organen auch ihre dritte Dimension mitzuteilen und ihnen namentlich je nach Umständen verschiedenes darüber mitzuteilen, ist rätselhaft. Wie aber sollen wir etwas unmittelbar sinnlich empfinden können, was gar nicht auf die Sinnesorgane zu wirken vermag?

In der Tat ist es gar nicht der Fall; das Bewußtsein, die volle plastische Körperlichkeit der Dinge unmittelbar zu sehen und zu tasten, ist irrig. Natürlich haben wir ein Bewußtsein davon, aber sein Inhalt ist nicht Empfindung; es ist ein Bewußtsein anderer Art als von gesehenen Farben und getasteten Temperaturen.

Zunächst was das Auge betrifft: Tiefe ist nichts unmittelbar Gesehenes. Und zwar aus zwei Gründen nicht. Erstens besitzt das Auge gar keine Einrichtungen, um von verschiedenen Tiefen in ähnlicher Weise verschieden affiziert zu werden, wie es von verschiedenem Nebeneinander affiziert wird; zweitens hätte das Bewußtsein von Tiefe, wenn es sinnliche Empfindung wäre, gar keinen angebbaren Inhalt.

[1] Berkeley; Theory of Vision 1709. Hering, Beiträge zur Physiologie V. Auch Hermanns Handb. d. Physiol. 3, 1 S. 572. Stumpf, Ursprung der Raumvorstellung Kap. II (wo auch weitere Literatur). 1873. Lipps, Psychologische Studien S. 61 f. 1885. James, Principles of Psychology Chap. 20. — Ich bin hier im wesentlichen der gleichen Ansicht wie Lipps.

Vorweg hierzu eine Bemerkung. Wird Tiefe überhaupt empfunden, so muß auch das einzelne Auge hierzu schon imstande sein. Für das Zustandekommen der Empfindung darf man sich nicht auf das Zusammenwirken der beiden Augen berufen. Man kann diesem für die Ausbildung und Kräftigung der Tiefenanschauung die größte Wichtigkeit zuschreiben, wie sie ihm in der Tat zukommt, aber daß diese Anschauung überhaupt da ist, muß durchaus aus den Hilfsmitteln eines Auges erklärt werden. Sonst müßte der Eindruck der Tiefe ja verschwinden, wenn man ein Auge schließt, was doch keineswegs der Fall ist. Man fährt fort, die Welt körperlich zu sehen, wenn man sie einäugig betrachtet, wenn auch vielleicht in etwas schwächerer Modellierung und mit manchen Irrtümern. Leute sind auf einem Auge ganz oder beinahe erblindet, ohne es zu merken; die Substitution einer flächenhaften für die körperliche Wirklichkeit könnte ihnen schwerlich entgangen sein. Unter Umständen kann sogar die Tiefenwahrnehmung eines Auges besser sein als die der beiden zusammen. Wenn man ein entsprechend gemaltes Bild einäugig oder wie die Kunstkenner durch die hohle Hand betrachtet, so geht es auseinander, wie man sagt, d. h. die Wasserflächen, Alleen, Säulenhallen erstrecken sich sichtlich von dem Beschauer fort statt von unten nach oben, wie sie gemalt sind; die Illusion kommt dem Eindruck der Körperlichkeit wesentlich näher als bei zweiäugiger Betrachtung.

Jetzt zur Begründung der beiden eben aufgestellten Behauptungen. Erstens: Tiefe kann nicht sinnlich empfunden werden, weil das Auge keine Mittel dazu hat. Der Beweis dafür ist beinahe 200 Jahre alt: das Argument des Bischofs Berkeley. Man denke sich einen Punkt in gerader Linie auf die Mitte des Auges zukommen oder sich von ihr fortbewegen. In welcher Entfernung er sich auch objektiv von dem Auge befinden möge, der Gesichtseindruck ist in räumlicher Beziehung stets unverändert derselbe. Nun kann man sich alle Dinge als aus solchen Punkten bestehend denken; ob man sie also dem Auge beliebig nähert oder von ihm entfernt (natürlich unter Wahrung gleicher Winkelgröße), ist für die Räumlichkeit der Empfindung gleichgültig. Man hat eingewandt, daß doch ein objektives Ding, das seine Entfernung vom Auge irgendwie beträchtlich ändere, zunächst mit Zerstreuungskreisen erscheine, und daß es erst nach einer Änderung der Akkommodation, die sich auch für das Bewußtsein als Empfindung bemerklich mache, wieder scharf gesehen werde. Freilich ist das so, aber was haben solche Akkommodationsempfindungen an sich und ursprünglich mit Räumlichkeit zu tun? Durch Erfahrung kommt eine Beziehung zwischen beiden zustande, gewiß; aber ihrem Wesen nach stehen beide als disparate Erlebnisse lediglich neben-

einander. Ich kann einen Ton lauter oder leiser singen, einen Wein mit mehr oder weniger Kontraktion der Zungenmuskeln prüfen: ich habe dann außer der Ton- und Geschmacksempfindung noch Anstrengungs- oder Muskelempfindungen von größerer oder geringerer Stärke, aber von einem Näherkommen oder Fernerrücken der Töne und Geschmäcke infolge dieser Begleitung ist keine Rede.

Zweitens: das Bewußtsein von Tiefe hätte, falls es sinnliche Empfinduug wäre, gar keinen angebbaren Inhalt. Die Tiefen, die wir zu sehen glauben, sind von zweifacher Art: entweder Entfernungen der Dinge von uns, d. h. von unserem Auge, oder Entfernungen der Dinge voneinander in der Richtung der Gesichtslinie. Aber das erste kann offenbar nicht gesehen werden. Denn das Auge sieht sich selbst nicht, wie soll es also eine Entfernung von sich sehen können? Es ist wahr, man kann sein Auge im Spiegel betrachten, allein das gespiegelte Auge ist doch nicht das, von dem wir die Dinge entfernt sehen. Es erscheint ja selbst schon in einer gewissen Entfernung, ebenso wie der Spiegel und die ihn haltende Hand. Das lebendige und wirkliche Auge ist, wofern wir es nicht zufällig berühren, für unser Bewußtsein allein vorhanden als Gedankending; die Entfernung der gesehenen Dinge von einem gedachten Ding aber kann man offenbar nicht sehen, sondern gleichfalls nur denken. Ganz ebensowenig ist die zweite Art von Entfernung Inhalt einer Gesichtsempfindung. Wir glauben die Dinge nach der Tiefe hin voneinander entfernt zu sehen, z. B. das Papier weiter als die darauf schreibende Hand, ein gegenüber liegendes Haus weiter als das Fenster meines Zimmers. Aber was sehe ich eigentlich, wenn ich etwa durch das Fenster mit einem Auge hinübervisiere nach der anderen Seite der Straße? Wo das Fensterkreuz abschneidet, beginnen die Mauersteine der jenseitigen Wand; der erste Stein sitzt scharf und unvermittelt neben dem letzten Holz. Ich „weiß" natürlich, daß „in Wirklichkeit" noch eine weite Raumstrecke dazwischenliegt; darin besteht eben das Bewußtsein von Tiefe und dritter Dimension, in solchem Wissen. Aber von diesem Zwischenliegenden sehe ich nichts; so wahr ich davon vorstellend weiß, so wahr und unwidersprechlich liegen für die unmittelbare Empfindung die Dinge schlechthin und lückenlos nebeneinander.

Nicht gesehen also im eigentlichen Sinne werden Entfernungen in der dritten Dimension, sondern gedacht oder vorgestellt. allerdings meist mit einer außerordentlichen und illusionsartigen Lebhaftigkeit. Näheres über diese Natur des Tiefenbewußtseins und sein Zustandekommen wird in einem späteren Zusammenhange zu sagen sein; hier nur noch einige vorläufige Bemerkungen darüber. Wir sehen auch

sonst den Dingen mancherlei an, was wir ihnen unmittelbar und eigentlich gar nicht ansehen können. Ein Zentnergewicht sieht schwer aus, eine leere Pappschachtel leicht, dampfende Suppe heiß, ein bereiftes Dach kalt. Wie das zugeht, ist niemandem zweifelhaft. Vermittelst der Augen empfangen wir gewisse Gesichtseindrücke, die in vielfachen früheren Erfahrungen mit Empfindungen von Hitze, Schwere u. a. verbunden waren. An diese werden wir jetzt erinnert; wir stellen das früher Miterlebte vor, phantasieren es in das gegenwärtig Gesehene hinein, und dies unter Umständen so zwingend und prompt und mit solcher Empfindungsähnlichkeit, daß wir das in Wirklichkeit dem Auge gar nicht Zugängliche unmittelbar durch den Akt des Sehens zu erfassen glauben. Ganz so bei dem Sehen von Tiefen. Wir erblicken zwei Dinge dicht nebeneinander oder in geringer Entfernung voneinander, die uns gewisse Eigentümlichkeiten des Aussehens zeigen. In tausend Fällen haben wir nun erfahren, daß nebeneinander befindliche und so aussehende Dinge bei einer Bewegung des Körpers auseinander traten und dem Blick noch einen beträchtlichen Abstand zwischen sich enthüllten, oder daß das nebeneinander Gesehene sich nicht nebeneinander tasten ließ, daß man vielmehr die Hand dazwischen stecken und hin und her bewegen konnte, oder gar eine Anzahl Schritte machen mußte, um erst das eine und dann das andere zu berühren. Derartige Vorstellungen werden jetzt geweckt und drängen sich in die rein optischen Eindrücke hinein, und wir sehen nun mit dem geistigen Auge sozusagen Entfernungen zwischen den Dingen, die für das leibliche Auge nicht vorhanden sind oder doch anders sind als die rein sinnlich gegebenen Abstände. Darin besteht das Tiefenbewußtsein. Die Illusionsartigkeit dieser Vorstellungen aber ist darum in der Regel so besonders groß, die lediglich phantasierte Plastik der Außenwelt darum so handgreiflich, weil wir die sinnlichen Vorbilder der Entfernungen, die wir vorstellen, in der wirklich gesehenen Höhen- und Breitenausdehnung der uns umgebenden Dinge immer daneben haben. Unser Vorstellen zieht hieraus gleichsam immer neue Nahrung, und die bloß gedachten Tiefen können daher nie so blaß und schemenhaft werden wie andere Vorstellungen, denen eine solche Unterstützung durch gleichzeitige sinnliche Anschauung abgeht.

Aber welches Bild — wird man inzwischen schon gefragt haben — soll man sich denn von einer Welt ohne Plastik und Tiefe machen? Wie sieht die nach Abzug der Tiefendimension für das ursprüngliche Sehen noch übrigbleibende zweidimensionale Räumlichkeit eigentlich aus? Die richtige Beantwortung dieser Frage ist von großer Wichtigkeit für das Verständnis des Gesagten. Ein zweidimensionales Raum-

gebilde bezeichnet man als Fläche, und man sagt dementsprechend gewöhnlich, ursprünglich würden die Sehdinge in einer Fläche angeschaut. Diese Ausdrucksweise ist brauchbar, wenn man sie richtig versteht; aber sie ist irreleitend und hat daher manche Mißverständnisse und mißverständliche Diskussionen hervorgerufen. Wenn man uns von einer Fläche spricht, so denken wir etwa an ein Blatt Papier oder eine Wand, eine Wasserfläche, vielleicht auch an die Himmelsfläche, eine Zylinderfläche, Sattelfläche usw. Eine Fläche nun in der Weise solcher Flächen ist die ursprünglich gesehene Räumlichkeit nicht, und den Gedanken an jene muß man erst völlig beseitigen, wenn man verstehen will, was mit ihr gemeint ist. Der geistig entwickelte Mensch, der eine Fläche betrachtet oder sich vorstellt, kann diese gar nicht mehr primitiv und naiv sehen: er interpretiert den sinnlichen Eindruck fortwährend durch seine allgegenwärtigen Tiefenvorstellungen. Er lokalisiert die Fläche in eine bestimmte Entfernung von sich, d. h. er denkt sich etwas davor. Er denkt sich aber auch etwas dahinter, eine Rückseite der Fläche und ein jenseitiges Weitergehen des Raumes. Er sieht weiter die Fläche in einer bestimmten Form, eben oder gekrümmt, sowie in einer bestimmten Orientierung, horizontal oder vertikal, was alles in bestimmten Besonderungen seiner Tiefenvorstellungen besteht. Von alledem kann bei der ursprünglich gesehenen Fläche keine Rede sein: sie hat nichts vor sich und nichts hinter sich; keine Rückseite, keine Form, keine Orientierung; sie ist zweidimensionale Ausdehnung und weiter nichts. Man wird fragen, wie es denn möglich sei, eine so merkwürdige Fläche überhaupt zu sehen, da man sie doch nicht einmal denken könne; und allerdings ist es nicht leicht, dem ausgebildeten Bewußtsein seine bereitwilligsten Vorstellungen zu nehmen und es auf einen primitiveren Standpunkt zurückzuschrauben. Aber mit einiger Annäherung ist es gleichwohl möglich, und namentlich ist es möglich, sich an einer vorzüglichen Analogie zu orientieren.

Das ist die Zeit. Wir erleben die Zeit als eine eindimensionale Erstreckung; man spricht demnach wohl von ihr als von einer Linie. Aber sie ist eine Linie wie kein diesen Namen tragendes Gebilde, das wir je gesehen haben. Denn alle uns vorgekommenen Linien sind gerade oder krumm, verlaufen von unten nach oben oder von rechts nach links; die Zeitlinie aber hat mit allen solchen Bestimmungen nichts zu tun. Sie verläuft nicht gradlinig noch spiralig, wie man gelegentlich metaphorisch sagt, noch irgendwie anders. Alle näheren Angaben über ihre Gestalt sind völlig sinnlos; um ihnen Sinn zu geben, wäre eine zweite Dimension erforderlich, die hier nun eben nicht vorhanden ist. Wir fragen auch gar nicht nach näheren Be-

stimmungen und vermögen doch jederzeit vortrefflich, die Zeit als bloße eindimensionale Mannigfaltigkeit anzuschauen. Ebenso aber muß es auch möglich sein, ursprünglich den Raum als zweidimensionales Gebilde anzuschauen, ohne daß wir von Bestimmungen, die erst durch die Vorstellung einer dritten Dimension hineinkommen, das allermindeste wissen, noch sie entbehren.

Mit einiger Annäherung, sagte ich, lasse sich der vorauszusetzende positive Eindruck einer solchen Räumlichkeit auch dem ausgebildeten Bewußtsein noch verschaffen. Man schließe die Augen und betrachte das umgebende Dunkel, oder man schaue in die Finsternis eines dunklen Zimmers, in dicken Nebel gegen den Himmel, in eine durchsichtige Flüssigkeit oder die Glut einer großen Flamme. Man sehe dabei möglichst ab von dem begleitenden Wissen um eine vorhandene Raumerfüllung und versuche, sich lediglich den sinnlichen Eindrücken hinzugeben. Sie unterscheiden sich durchaus (wie Hering mit Recht hervorgehoben hat) von den gewöhnlichen flächenhaften Eindrücken des täglichen Lebens. Die Öffnung eines Schachtes sieht anders aus als ein großer schwarzer Fleck, umgebender Nebel anders als ein Blatt grauen Papiers, ein Feuermeer anders als gelb bemalte Leinwand. Worin besteht das Anderssein? Nicht etwa darin (wie Hering meint), daß jene Empfindungen etwas Dreidimensionales an sich hätten, während ihre Nachbildungen durch Malen oder Anstreichen nur zweidimensional wären; Empfindungen einer dritten Dimension sind inhaltlos, wie wir sahen. Vielmehr verhält sich die Sache gerade umgekehrt. Einen schwarzen Fleck oder graues Papier lokalisiere ich klar und entschieden in eine bestimmte Ebene, in eine bestimmte Entfernung von mir, ich weise ihm seine bestimmte Stelle an in der von mir hinzugedachten Erstreckung nach der Tiefe. Bei dem Dunkel dagegen oder dem Nebel treten diese Entfernungsvorstellungen zurück. Die Ausdehnung nach Höhe und Breite sehe ich, aber zu einer sicheren und bestimmten Tiefenlokalisation komme ich nicht. Ich komme dazu nicht, weil die sinnlichen Zeichen, die mich sonst dazu zwingen, hier mehr oder weniger fehlen, und so sehe ich also in der Tat, wenigstens annähernd, zweidimensionale Räumlichkeit ohne Tiefe. Solche Eindrücke sind also nicht das Reichere im Vergleich mit den gewöhnlichen Flächenanschauungen, sondern vielmehr das Ärmere, weil noch nicht durchsetzt von Tiefenvorstellungen, und damit das Primitivere. Mir scheint, man kann sich mit ihrer Hilfe wohl vorstellen, wie dem ganz jungen Kinde die Welt erscheinen muß. Es sieht alles lediglich nebeneinander, ausgedehnt nach Höhe und Breite. Aber nicht etwa in einer Fläche vor sich, noch auch in einer Fläche, die auf seinem Auge liegt oder durch seinen Kopf geht,

sondern in einer Fläche, wenn man das irreleitende Wort gebrauchen will, die von Form und Ort so wenig an sich hat, wie umgebender Nebel oder eine umgebende Flüssigkeit oder wie die Zeit von Geradheit und Krümmung. Sein eigener Körper liegt auch in dieser Fläche, soweit es ihn nämlich sieht und wann es ihn sieht.

Soviel über das Sehen von Tiefen. Die Übertragung des Gesagten auf den Tastsinn ist einfach. Auch dessen Organ, die Haut, ist ein zweidimensionales Gebilde, eine Fläche. Auch hier kann also von den räumlichen Eigentümlichkeiten der Dinge nur aufgenommen und dem Bewußtsein vermittelt werden, wie sie in zwei Dimensionen beschaffen sind. Was sie in räumlicher Hinsicht sonst noch sein mögen, in einer dritten Dimension, senkrecht zu dem jeweiligen Verlauf der Haut an der Berührungsstelle, das ist für die Raumanschauung, die uns die Haut von ihnen vermittelt, gleichgültig. Ob ich einen dünnen Stab von 2 Zentimeter oder von 2 Meter Länge auf die Hand aufsetze, bei gleicher Größe des Querschnitts ist die Räumlichkeit der Empfindung dieselbe. Vielleicht drückt der längere Stab stärker auf die Haut als der kürzere. Aber Druck ist nicht Räumlichkeit; ich habe dann eben dieselbe Ausdehnungsempfindung einmal mit schwächerem, einmal mit stärkerem Druck gepaart. Denke ich mir statt des dünnen Stabes einen dickeren Gegenstand aufgesetzt und diesen noch von der Hand umfaßt und zusammengedrückt, so wird die Sache nicht anders. Die Räumlichkeit der Empfindung ist größer geworden, sie haftet an stärkeren Druckempfindungen, ist begleitet von anderen Lage-, Schwere- und Anstrengungsempfindungen; aber alle diese sind wieder an sich nichts Räumliches und können daher auch keine Änderung des unmittelbaren Raumbewußtseins hervorzaubern. Die innerhalb der berührten und empfundenen Fläche noch existierende Räumlichkeit, von der wir freilich aus anderen Erfahrungen wissen und die wir daher hinzudenken, ist für den bloßen Tastsinn nicht vorhanden.

Man hat nun natürlich kaum so weit gelesen, ohne innerlich einzuwenden: aber die Haut ist doch ungemein reichlich gekrümmt, und Krümmung ist nur in einer dritten Dimension möglich. Gewiß ist beides der Fall, objektiv. Aber woher soll ein Bewußtsein von diesen Krümmungen in meine Hautempfindungen kommen? Die Haut affiziert sich doch nicht selbst, ursprünglich nämlich und abgesehen von allen Bewegungen der Glieder. Die Retina ist auch gekrümmt, zu einer Halbkugel, die Basilarmembran des Ohres in zweimaliger Windung spiralig aufgewickelt, aber was wissen die Farbenfelder und die Töne von diesen Formen und von der Dreidimensionalität, die zu ihrem Dasein erforderlich ist? So wenig nun

wie bei Auge und Ohr die räumliche Form der Organe als solche in den Empfindungen dieser Sinne wiederkehrt, so wenig kann es bei den Hautempfindungen der Fall sein. Sie sind zweidimensionale Ausgedehntheit, also flächenhaft, aber bestimmte Formen, die zu ihrer Existenz eine dritte Dimension voraussetzen, haben sie ursprünglich nicht an sich. Und unsere anschauliche und gedankliche Kenntnis von der objektiven Gestalt des sie vermittelnden Organs wird erst allmählich erworben, durch die wechselseitige Betastung der verschiedenen Teile der Haut und die Mitwirkung von Gesichts- und kinästhetischen Empfindungen.

Wie die ursprüngliche Raumanschauung des Tastsinns im einzelnen beschaffen sein mag, ist schwer zu sagen; man wird sie sich als aus vielen einzelnen Tastfeldern bestehend denken müssen, die vielfach ineinander übergehen, aber nicht sämtlich *einem* Ganzen eingeordnet werden können (ähnlich etwa wie in unräumlicher Gestalt die Geruchsempfindungen). Von Interesse ist vielleicht der folgende Fall. *Stumpf* wirft die Frage auf (Ursprung der Raumvorstellungen S. 283): „Wenn man dem Neugeborenen mit dem Finger rings um den Körper fährt, oder ein Band um denselben legt, wird er die Vorstellung einer gerade fortlaufenden oder einer in sich zurückkehrenden Linie haben?“ Er findet das zweite „wahrscheinlich“; es scheint mir sicher, daß es so sein würde; das Kind würde die Empfindung eines großen Ringes haben. Aber ich sehe nicht, daß damit für die ursprüngliche Dreidimensionalität seiner Tastempfindungen etwas gewonnen ist, wie *Stumpf* will. Ringe sind auch in einer zweidimensionalen Mannigfaltigkeit möglich. Und der Ring, den das Kind empfindet, liegt ganz in dem zweidimensionalen Tastfelde, dem alle Eindrücke der betreffenden Körpergegend angehören. Auch das Innere des Ringes. Für uns vorstellende Erwachsene freilich wird das Innere ausgefüllt von der Leibeshöhle. D. h. wir „wissen“, daß es zwischen verschiedenen Punkten des Ringes noch eine andere Räumlichkeit und eine Möglichkeit anderer Übergänge gibt als durch das Kontinuum der Tastempfindungen hindurch. Aber wie soll das Kind auf solche Vorstellungen verfallen? Es hat doch quer durch den Leib kein Tastorgan, das ihm die hier vorhandene Räumlichkeit zur Anschauung brächte; zu einem Bewußtsein von ihr gelangt es erst allmählich. *Es lokalisiert nach innen von dem Ringe die Tasteindrücke, die von den nächstbenachbarten Hautpartien herrühren*, entweder von den nach oben benachbarten oder den nach unten benachbarten. Und wenn beispielsweise jene ersten das Innere bilden, dann bilden die zweiten die nächste Umgebung des Ringes nach außen (und umgekehrt). Sicherlich würden sich einer widerspruchsfreien Ausdehnung dieses Tastkontinuums und gar einer vollständigen Angliederung der von dem ganzen übrigen Körper herrührenden Eindrücke alsbald die größten Schwierigkeiten entgegensetzen. Aber dazu kommt es gar nicht. Die in dem Bewußtsein des Kindes hervortretenden Tastempfindungen bilden, wie vorhin gesagt, je nach der jeweilig gereizten Körpergegend verschiedene zusammenhanglose Tastfelder; für den Erwachsenen ist es ja noch nicht wesentlich anders. Und ehe es nun nennenswerte Fortschritte in der gedanklichen Kombinierung jener Felder gemacht haben kann, kommen ihm bereits die anderweitigen Erfahrungen zu Hilfe, die es zu einer dreidimensionalen Anordnung zwingen und damit alle Schwierigkeiten beheben.

3. Die ursprüngliche Raumanschauung.[1] Im Gegensatz zu unserem erst durch Erfahrungen entstehenden Tiefenbewußtsein ist die nach Abzug der dritten Dimension übrigbleibende Ausgedehntheit der Gesichts- und Tastempfindungen nach Breite und Höhe als etwas Ursprüngliches und nicht weiter Ableitbares anzusehen, wie es nach den voraufgeschickten allgemeinen Erörterungen, u. a. schon als sinnliche Grundlage aller Tiefenvorstellungen, vorausgesetzt werden muß. Allein diese Auffassung erfreut sich noch keineswegs allgemeiner Zustimmung. Der für das Tiefenbewußtsein gelingende Nachweis der Vermittlung durch Erfahrungen hat hier irreleitend gewirkt. Die für einen Teil der Raumanschauung notwendige Zurückführung schien auch auf das übrige ausgedehnt werden zu müssen oder doch ausgedehnt werden zu können, und so ist denn gerade die räumliche Flächenanschauung besonders häufig zum Gegenstand genetischer Theorien gemacht worden. Es ist erforderlich, einige von diesen etwas eingehender zu erörtern.

Der allgemeine Gedanke, von dem die meisten Erklärungsversuche geleitet werden, ist der, die Räumlichkeit der Gesichts- und Tastempfindungen habe ihren eigentlichen Grund in der Beweglichkeit der sie vermittelnden Organe, Auge und Hand. Zweifellos ist daran so viel richtig, daß diese in der Tat nur hier vorkommende Beweglichkeit für die Entwickelung und Erweiterung der Raumanschauung von der allergrößten Bedeutung ist, daß die ausgebildete Raumanschauung des Erwachsenen nur mit ihrer Hilfe zustande kommt. Aber im Sinne unserer Theorien soll sie das Raumbewußtsein überhaupt erst hervorbringen. Farben- und Berührungsempfindungen sind nach ihnen ursprünglich nicht räumlich ausgedehnt und nebeneinander, sondern etwa so beieinander im Bewußtsein wie verschiedene Töne eines Akkordes oder verschiedene Geschmäcke einer Speise. Die objektiv vor sich gehenden Bewegungen der Organe rufen nun subjektiv Bewegungsempfindungen hervor, und durch deren Hinzutreten zu jenen ersten Eindrücken wird auf irgend eine Weise ihre räumliche Nebeneinanderordnung bewirkt. In der näheren Bezeichnung dieser Vermittlungsprozesse divergieren dann die Theorien, je nach ihren allgemeinen oben (S. 435) charakterisierten Tendenzen.

Ein gutes Beispiel der aktivistischen Erklärungsweise bietet die *Lotzesche Lokalzeichentheorie* des Gesichtsraumes. Sie geht aus von der bekannten Tatsache, daß bei genügend starker Reizung irgend

[1] Die S. 446 Anm. genannte Schrift von Stumpf kommt auch hier wesentlich in Betracht. Ferner: Lotze, Medizin. Psychologie §§ 28—32 (1852) und Metaphysik (1897) Buch III Kap. 4. Wundt, Physiol. Psychol. 5. Aufl. 2 S. 489 und 653 und Philos. Studien 14 S. 1; 1898.

eines Punktes der Retina das Auge sich rein reflektorisch so wendet, daß das Bild dieses Punktes auf die Stelle des deutlichsten Sehens fällt. Für jeden Punkt der Netzhaut ist diese Bewegung nach Größe und Richtung genau bestimmt. Außerdem wird jede Bewegung, indem sie geschieht, auch bemerkt; sie ruft einen, natürlich gleichfalls genau bestimmten, bewußten Eindruck hervor. Und allmählich gewinnt also vermöge jener unwillkürlichen Fixationsbewegungen jede einzelne Netzhautstelle eine eigenartige subjektive Charakteristik, ein *Lokalzeichen*, das sich allen beliebigen von ihr herkommenden Farbeneindrücken gleichmäßig anheftet. An und für sich sind auch diese Lokalzeichen noch ganz unräumlich; sie bilden lediglich ein fein abgestuftes System zweifacher qualitativer Verschiedenheiten. Aber sie wirken nun als Reize auf die Seele und veranlassen diese, die Farbenempfindungen, an denen sie haften, räumlich nebeneinander zu lokalisieren. Weshalb sie diese eigenartige Leistung vollzieht, darf man nicht fragen; es ist eine letzte Tatsache, ähnlich der anderen, daß sie auf Luftwellen gerade mit Tonempfindungen und nicht anders reagiert. Es gehört eben zu ihrem Wesen, das zweifach abgestufte System jener Bewegungseindrücke in das ähnlich gegliederte, aber sonst ganz andersartige System ihrer Raumanschauung umzusetzen. Daß wir dabei in jedem Moment nicht nur einzelne Raumpunkte, sondern ganze Flächen übersehen und diese sogar auch ohne wirkliche Augenbewegungen auszuführen, ist nach Lotze so zu verstehen. Durch häufigeren Vollzug der verschiedenen Fixationsbewegungen bilden sich feste Assoziationen zwischen den einer einzelnen Netzhautstelle entstammenden Farbeneindrücken und dem zugehörigen Lokalzeichen. Jeder Netzhauteindruck ruft nun auch bei ruhendem Auge eine Vorstellung von dem hervor, was bei Ausführung der für ihn erforderlichen Fixationsbewegung als Empfindung ins Bewußtsein träte. Und diese Bewegungsvorstellungen, die in jedem Augenblick in großer Zahl vorhanden sind, ohne sich doch isoliert für die Seele bemerklich zu machen, bewirken dann in derselben Weise die Lokalisierung der Eindrücke wie ursprünglich die Bewegungsempfindungen.

Passivistisch gewandt ist die *Verschmelzungstheorie Wundts*, die sowohl für den Tastraum wie den Gesichtsraum Gültigkeit beansprucht. Sie unterscheidet sich von der Lotzeschen wesentlich in zwei Punkten. Erstens schiebt sie zwischen die Berührungs- und Farbenempfindungen einerseits und die Bewegungsempfindungen andererseits noch ein drittes Moment ein, wodurch für die Verknüpfung jener beiden in der Tat eine bei Lotze fehlende Handhabe gewonnen wird. Die auf den verschiedenen Haut- oder Netzhautstellen hervorgerufenen spezifischen Empfindungen haben nach Wundt eine allein von dem Ort der

Reizung abhängige *lokale Färbung* an sich. Man erlebt von Hause aus etwas anderes, es fühlt sich anders an, wenn die Stirn berührt wird oder der Handrücken, wenn ein sonst gleicher Lichtpunkt rechts oben oder links unten erscheint. Worin diese Lokaltöne oder Lokalzeichen näher bestehen oder woher sie stammen, kann hier dahingestellt bleiben; wichtig ist das allgemeine: sie bilden für jedes der beiden Sinnesgebiete, entsprechend der flächenhaften Natur seines Organs, eine zweidimensionale Mannigfaltigkeit, sind aber dabei durchaus nichts Räumliches und auch sonst nichts quantitativ miteinander Vergleichbares. Zu den durch solche Lokalzeichen je nach ihrer räumlichen Herkunft bestimmt charakterisierten Berührungs- und Farbenempfindungen gesellen sich nun noch Empfindungen von den beim Tasten und Fixieren ausgeführten Bewegungen. Auch diese sind an sich völlig unräumlicher Natur, sie haben aber verschiedene Intensität und bilden also je ein quantitativ fein abgestuftes Kontinuum einer Dimension. Beide Empfindungsarten treten in Verbindung miteinander, allein nicht bloß in der gewöhnlichen Weise assoziativer Nebeneinanderordnung, sondern — und das ist der zweite unterscheidende Zug der Wundtschen Theorie — in einer viel innigeren Weise. Sie vereinigen sich oder *verschmelzen* zu einem ganz andersartigen Produkt; sie bringen schöpferisch etwas in ihnen selbst noch gar nicht enthaltenes Neues hervor, eben die Raumanschauung, in der nun die zweidimensionalen, aber bloß qualitativen Verschiedenheiten der Lokalzeichen durch die quantitativen Unterschiede der Bewegungsempfindungen miteinander vergleichbar und genau meßbar gemacht sind. Der Vorgang ist auf geistigem Gebiete etwas Ähnliches wie die jedermann geläufige chemische Synthese auf materiellem. Wie Wasserstoff und Sauerstoff sich zu einem ganz neuen Körper, dem Wasser, verbinden, der schlechterdings nichts weiter enthält als jene beiden Elemente und doch ganz andere Eigenschaften zeigt als jedes von ihnen, so ist es auch bei dieser *psychischen Synthese.* Aus unräumlichen Lokalzeichen und unräumlichen Bewegungsempfindungen entspringt als eine Art geistiger chemischer Verbindung räumliche Anschauung.

Wie sind beide Theorien zu beurteilen? Nun zunächst, was soll eine Theorie? Ich meine, sie bezweckt die Aufzeigung einer Verwandtschaft zwischen einer unmittelbar zu beobachtenden aber an sich rätselhaften Tatsache und anderswo beobachteten, bereits als feststehend zu betrachtenden Tatsachen, um durch die Herstellung dieses Zusammenhangs die gesamte Rätselhaftigkeit der Dinge irgendwie zu vermindern und uns intellektuell zu befriedigen. Mir scheint nicht, daß von solcher Befriedigung hier viel gewonnen wird. Das Entstehen eines Bewußtseins von Räumlichkeit aus der bloßen räumlich

ausgebreiteten Reizung gewisser Organe ist gewiß eine rätselhafte Sache. Aber ist die raumschaffende Reaktion der Seele auf Bewegungsempfindungen bei Lotze oder die psychische Synthese Wundts irgendwie minder rätselhaft? Wenn beides anderswoher bekannte und tatsächlich zu beobachtende Vorgänge wären, würde man sie selbstverständlich hinnehmen. Allein sie sind sonst in der ganzen Breite des geistigen Lebens nirgends mehr glaubhaft nachzuweisen; sie werden allein hier als wirklich behauptet. Hier aber, daran kann doch kein Zweifel sein, sind sie nicht etwas unmittelbar, etwa durch Analyse, in den Tatsachen Nachzuweisendes, noch auch mit Notwendigkeit von ihnen geforderte Voraussetzungen, sondern bestreitbare Vermutungen über das Zustandekommen des Tatsächlichen, deren Berechtigung durch besondere Gründe dargetan und gegen Gegengründe aufrecht erhalten werden muß. Solcher Gegengründe aber drängen sich sogleich zwei auf. Entweder das Auge, um lediglich bei diesem zu bleiben, übersieht mit einem Male ganze Flächen und wird sich allein ihrer bewußt. Dann fehlen, wie früher (S. 439) gezeigt, die für die postulierten Prozesse erforderlichen Elemente, die isolierten Farbeneindrücke und isolierten Bewegungsempfindungen; ihre Ansetzung beruht ganz und gar auf einer Verwechslung des objektiv Vorhandenen mit dem bewußt Vorhandenen. Oder wir sehen in der Tat einzelne, außereinander befindliche Punkte und empfinden die Bewegungen, die wir beim Übergang von den einen zu den anderen ausführen. Dann ist ein besonderer Vorgang, der das Bewußtsein der räumlichen Entfernung aus den anderen Eindrücken hervorbringt, erst recht unglaubhaft. Denn das behauptete Resultat dieser Hervorbringung (die räumliche Distanz) und die als erforderlich bezeichneten Mittel (die Bewegungs- und anderen Empfindungen), die dabei doch aufgewandt und verbraucht werden müßten, sind ja jederzeit ungestört nebeneinander vorhanden. Wo aber gäbe es einen chemischen Prozeß, der aus Wasserstoff und Sauerstoff Wasser erzeugte, dabei aber die Elemente, die hierzu verbraucht werden, gleichzeitig auch unverbraucht daneben bestehen ließe? Es wäre eine wahre creatio ex nihilo.

Hierzu kommen nun weitere Gründe, die überhaupt den gemeinsamen Gedanken beider Theorien, die Räumlichkeit der Gesichts- und Tastempfindungen müsse auf der Beweglichkeit der betreffenden Organe beruhen, als unmöglich erscheinen lassen. Ich erwähne ihrer abermals zwei.

Erstens. Wenn einmal den Bewegungsempfindungen die Fähigkeit zugeschrieben wird, durch ihr Hinzutreten zu Gesichts- und Tasteindrücken diesen zu einer räumlichen Anordnung zu verhelfen, so sollte man doch erwarten, daß ihnen diese Kraft allgemein zukäme, und

daß sie sich auch bei der Verbindung mit anderen Empfindungen als wirksam erwiese. Das geschieht keineswegs. Geht man aus der gewöhnlichen Ruhelage des Mundes dazu über, einen beliebigen Ton in beliebiger Stärke zu singen, so vollziehen sich objektiv gewisse Bewegungen des Mundes, Kehlkopfes, Brustkorbes usw., die subjektiv ganz ähnliche Eindrücke hervorrufen, wie Tast- und Fixationsbewegungen. Jedem bestimmten Ton entspricht eine bestimmt charakterisierte Bewegungsempfindung im Sinne Lotzes: bei verschieden lautem Singen desselben Tons bilden diese Empfindungen eine quantitativ abgestufte Reihe im Sinne Wundts. Nach beiden sind alle Bedingungen gegeben, die nun eine Anordnung der sangbaren Töne zu einem räumlichen Gebilde bewirken müßten. Aber davon ist nichts zu bemerken. Die Töne bilden eine zweifache Mannigfaltigkeit, einerlei ob sangbar oder unsangbar, jedoch von einem räumlichen Auseinandertreten der hohen neben die tiefen oder der lauten neben die leisen zeigen sie keine Spur. Eine Raum schaffende Kraft haben die Bewegungsempfindungen offenbar nicht, wie wichtig sie für die Vervollkommnung unserer räumlichen Anschauung auch sein mögen, wenn diese erst einmal da ist.

Zweitens. Die räumliche Lokalisation ist stellenweise, z. B. beim Auge in der Mitte des Gesichtsfeldes, ferner an der Zungenspitze, viel zu fein, verglichen mit der Unterschiedsempfindlichkeit für Bewegungen, um aus Bewegungsempfindungen herstammen zu können. Man betrachte eine Ziegelsteinmauer oder eine feine Schraffierung aus solcher Entfernung, daß man eben noch die einzelnen Striche voneinander unterscheiden kann. Man wird dann nicht mehr imstande sein, die Augen auf einen bestimmten Strich mit Sicherheit einzustellen, noch auch anzugeben, ob man bei dem Versuch zu fixieren einen bestimmten Strich und nicht vielmehr seine Nachbarn getroffen habe. Genaue Zahlen für die Größe ebenmerklicher Augenbewegungen sind noch nicht bekannt, aber vielleicht darf man verwandte Befunde hierherziehen. Bei den empfindlichsten Gelenken fand Goldscheider unter den günstigsten Bedingungen eine Exkursion von etwa $^1/_4$ Grad als äußerste Grenze der Merklichkeit, und soviel sich beurteilen läßt, ist die Empfindlichkeit für Augenbewegungen stumpfer als z. B. für Fingerbewegungen. Der Raumsinn des Auges dagegen unterscheidet Striche und Punkte bei einem Abstand von noch nicht 1 Winkelminute. Wie kann man daran denken, ihn auf Eindrücke von soviel gröberer Natur zurückführen zu wollen?

Willkommene Bestätigung erwächst diesen besonderen und den früher (S. 438) aufgeführten allgemeinen Gründen gegen eine Ableitung der räumlichen Flächenanschauung innerhalb des individuellen Seelen-

lebens noch aus einigen Tatsachen der Pathologie des Sehens. In erster Linie gehören dahin die Erfahrungen an operierten Blindgeborenen[1]. Man hat diese vielfach im Sinne der genetischen Theorien gedeutet, und zwar wegen einer Tatsache, die allgemein berichtet wird. Der eben Operierte vermag die Dinge, deren räumliche Formen ihm durch den Tastsinn vollkommen bekannt sind, zunächst nicht mit Hilfe des Gesichts allein wiederzuerkennen. Man muß ihm erst einmal gestatten, dasselbe Ding gleichzeitig zu sehen und zu tasten, dann kann er es hinterher auch nach dem bloßen Anblick benennen. Daraus hat man geschlossen, daß ein angeborenes Vermögen, die Formen der gesehenen Dinge wahrzunehmen, nicht vorhanden sei, daß es erst durch Erfahrungen erworben werden müsse. Ein äußerst voreiliger Schluß. Wenn ein Kind einen Schornsteinfeger erst mit schwarzem Gesicht und rußiger Jacke in der Woche und dann sauber gewaschen und im modernen Anzug am Sonntag sieht, so erkennt es ihn auch nicht wieder. Muß es die identisch gebliebene Form des Mannes etwa auch erst sehen lernen? Seinen besten Freund wird man in einer auffallenden Maskierung und bei gefärbtem Gesicht schwerlich wiedererkennen, obwohl Statur, Gestikulation, Gangweise, Gesichtszüge dieselben geblieben sind und doch auch ohne weiteres wahrgenommen werden. So geht es auch dem operierten Blinden. Die Formen der Dinge erscheinen ihm durch die ganz neue und seltsame Einkleidung in Farben in einer Art Maskierung, außerdem auch in größeren Dimensionen, als sie ihm durch seinen Tastsinn vertraut sind. Daß da diese Formen, auch wenn sie wahrgenommen werden, nicht ohne weiteres die Namen und sonstigen Eigenschaften der Gegenstände zu assoziieren vermögen, entspricht allen Analogien und ist theoretisch bedeutungslos. Wenn man dem Operierten ein Objekt, das er bereits sicher zu bezeichnen vermag, in anderen Farben vorzeigt (z. B. ein rotes Streichholz mit gelbem Kopf statt eines weißen mit braunem Kopf), so erkennt er es in der Regel auch nicht wieder.

Von Wichtigkeit ist allein eine andere, gleichfalls allgemein berichtete Tatsache: Die Operierten können von vornherein gesehene Formen voneinander unterscheiden und erblicken die Dinge räumlich außereinander. Sie vermögen ohne gewisse

[1] Zusammenstellung und Erörterung einer Anzahl von Fällen bei Bourdon, La perception visuelle de l'espace, S. 362. Instruktive neuere Beobachtungen von Raehlmann, Zeitschr. für Psychol. **2** S. 72; 1891, sowie Uhthoff, Helmholtz-Festschrift S. 113; 1891, und Zeitschr. für Psychol. **14** S. 197; 1897. Psychologisch verwertbar sind nur Fälle, in denen vor der Operation die ganze Pupille, auch bei weitester Öffnung, durch die getrübte Linse verdeckt war.

Erfahrungen nicht zu sagen, daß etwas Rundes ein Ball und etwas Langes ein Stock ist, aber sie sehen ohne weiteres das Runde anders und an einem anderen Orte als das Lange und verwechseln beides nicht. Von einem allmählichen, wenn auch noch so rapiden Erlernen dieser Fähigkeit, wie die Theorien von Wundt oder Lotze es behaupten, ist keine Rede. Natürlich sind ihre Größen- und Entfernungsanschauungen zunächst äußerst unvollkommen und unbeholfen, zum Teil schon wegen ihrer meist nur geringen Sehschärfe. Sie lernen außerordentlich viel hinzu, wie es ja auch für das Raumsehen des normalen Menschen von niemandem bestritten wird, aber ein gewisses Grundkapital von zweidimensionaler Raumanschauung, mit dem sie dann weiter arbeiten, ist von Anfang an außer allem Zweifel vorhanden. Man hat gemeint, es habe doch auch wohl durch Erfahrungen erworben werden können, nämlich während der Zeit vor der Operation. In leichteren Fällen vielleicht, in schwereren, d. h. bei Verkalkung der getrübten Linsen, nicht. Was unter solchen Umständen gesehen werden kann, wird man sich annähernd durch Vorhalten einer Milchglastafel vor die Augen veranschaulichen können; es stimmt auch mit dem, was von solchen Blinden berichtet wird, ganz überein. Die allgemeinen Gegensätze von Hell und Dunkel lassen sich unterscheiden, allenfalls auch diffuse Färbungen des Gesichtsfeldes bei dem objektiven Vorhandensein großer und intensiv belichteter Farbenflächen; dagegen Formen, Umrisse und Entfernungen irgend welcher Gegenstände sind auf keine Weise zu erkennen.

Eine andere hergehörige pathologische Erscheinung ist unter dem Namen *Metamorphopsie*[1] bekannt und besteht in Vergrößerungen und Verkleinerungen oder auch eigentümlichen Verzerrungen der Gesichtsbilder. Ein System objektiv gerader Linien z. B. wird in solchen Fällen wohl gesehen, wie Fig. 45 veranschaulicht, also so, daß die Linien um ein gewisses Zentrum gekrümmt verlaufen, indem sie je nach Umständen die konvexe Seite nach außen oder nach innen kehren. Die Ursache der Anomalie liegt in Schrumpfungen oder Dehnungen einzelner Stellen der Netzhaut. Wird das Bild einer objektiven Geraden z. B. auf einer geschrumpften Netzhautpartie entworfen, so fällt es hier auf lichtempfindliche Elemente, die früher von der Mitte der Partie weiter entfernt waren als jetzt. Die betreffenden Teile der Linie werden daher, wie in der Figur dargestellt, gleichfalls weiter nach außen lokalisiert; bei Dehnungen umgekehrt. Theoretische Bedeutung hat diese Erscheinung nun deshalb, weil die Verzerrungen keiner all-

[1] Förster, Ophthalmol. Beiträge S. 1; 1862. Leber in Graefe-Saemisch, Handb. der Augenheilk. 5 S. 614. Abweichende Auffassung der Erscheinung bei Wundt, Philos. Stud. 14 S. 5.

mählichen Abschwächung und Ausgleichung unterliegen, sondern wochen- und monatelang unvermindert fortbestehen, so lange eben die sie verursachende pathologische Veränderung andauert. Das beweist, daß die Raumwerte der einzelnen Netzhautelemente im wesentlichen etwas durchaus Festes und Unveränderliches sind. Wären sie durch Erfahrungen erworben, bekämen sie auch nur, wie Wundt will, ihre bestimmten quantitativen Beziehungen zueinander erst durch Erfahrungen über Augenbewegungen, statt sie ursprünglich zu besitzen, so müßten sie durch widersprechende Erfahrungen, wenn auch noch so allmählich, wieder geändert und den neuen Umständen angepaßt werden. So geschieht es z. B. bei dem Tiefensehen. Wer aus dem Flachlande ins Hochgebirge versetzt wird, unterliegt fortwährend den gröbsten Entfernungstäuschungen, weil seine in der früheren Umgebung erworbenen und festwurzelnden Assoziationen in die neuen Verhältnisse nicht passen. Aber schon nach wenigen Wochen ist der Zwang jahrzehntelanger Erfahrungen gelockert, und nach einiger Zeit „sieht" man die Entfernungen in der neuen Umgebung wieder ebenso richtig wie früher in der alten. Nichts der Art bei dem Flächensehen; man kann nicht umlernen in dieser Beziehung; es ist in der Hauptsache etwas den Netzhautelementen ein für allemal fest Anhaftendes, also Angeborenes. In der Hauptsache; das soll heißen, daß kleinere und minder bedeutende Einflüsse von Erfahrungen auf die Ausmessung des Gesichtsfeldes, wie sie z. B. bei den sog. optischen Täuschungen hervortreten, damit wohl verträglich sind.

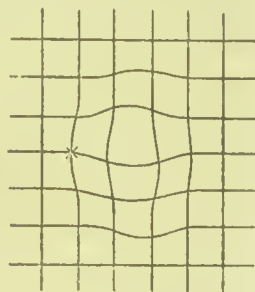


Fig. 45. Verzerrung gerader Linien bei Metamorphopsie. Die durch ein Kreuz bezeichnete Stelle ist der Fixationspunkt. (Nach R. Förster.)

Zweidimensionale Raumanschauung ist mithin, um zu unserer Ausgangsbehauptung zurückzukehren, etwas durchaus Ursprüngliches und Elementares; sie läßt sich aus keinerlei anderen seelischen Erlebnissen oder Vorgängen ableiten und erklären. Treffen äußere Reize, so haben wir uns zu denken, eine größere oder geringere Anzahl von benachbarten nervösen Elementen in der Retina oder der Haut, so resultiert unmittelbar der Eindruck einer räumlichen Größe; treffen sie zwei nicht direkt benachbarte Gruppen solcher Elemente, so zugleich der Eindruck eines räumlichen Außereinanderseins der beiden Größen. Je größer die Anzahl der gereizten Elemente, desto größer ist im allgemeinen auch der Eindruck des Ausgedehnten; je größer der Abstand zwischen den gereizten Gruppen, desto größer im allgemeinen der Eindruck der räumlichen Entfernung. Alles das ursprünglich und vor aller Erfahrung. Aber freilich nicht alles gleich

in der Vollkommenheit wie für das entwickelte Bewußtsein; die primitiven Raumeindrücke sind zweifellos viel stumpfer in ihrer Detaillierung und viel ungenauer in ihrer Zusammenordnung als bei dem Erwachsenen. Damit verschiedene Größen voneinander unterschieden werden, müssen sie sicherlich ursprünglich viel gröber und drastischer verschieden sein als später; die Beziehungen zwischen objektiv voneinander entfernteren Belichtungen oder Berührungen werden nur sehr vage als größere Entfernungen zum Bewußtsein gelangen. Die weitere Ausbildung der unvollkommenen ersten Raumanschauung, ihre Verfeinerung und die Anbringung mancher Korrekturen im kleinen, sowie die Herstellung eines umfassenden Zusammenhangs im großen, das alles ist das Werk von Übung und Erfahrung und wird uns später zu beschäftigen haben.

Mit der Räumlichkeit der Empfindungen verhält es sich sonach, wie früher schon einmal gesagt, ganz ebenso wie mit ihren spezifischen Eigenschaften. Der Erwachsene unterscheidet eine große Fülle von verschieden hohen, verschieden starken und verschieden klingenden Tönen und überschaut sie alle unter Umständen als ein großes, eigenartig gegliedertes Reich. Er gelangt dazu allmählich durch viele Erfahrungen und eigens darauf gerichtete Übungen. Aber Erfahrung schafft diese Tonwelt doch nicht aus nichts oder aus ganz etwas anderem. Sondern sie bildet sie aus stumpferen und zusammenhangloseren Eindrücken ganz derselben Art, wie wir sie später scharf unterschieden und in vielen wechselseitigen Beziehungen kennen. Niemand zweifelt, daß es sich hier, bei den Farben und anderswo so verhält, ohne sich sonderlich durch diese Anerkennung bedrückt zu fühlen; ich sehe daher nicht, weshalb man sich so viele Unglaublichkeiten gefallen lassen soll, um sich das Zugeständnis eines gleichen Verhältnisses für die Raumanschauung zu ersparen. Natürlich heißt das nicht, die Dinge erklären, aber es heißt, ehrliche Armut dem Schein des Reichtums vorziehen.

Soweit in Bezug auf das Zustandekommen dieser Raumanschauung nun auch künftig noch eine Theorie möglich sein wird, hat sie eine andere Aufgabe als die bisher verfolgte, eine ähnliche Aufgabe wie die Theorien der Farben- und Tonempfindungen. Rein psychisch wollen diese nichts erklären: das Psychische setzen sie als ein Gegebenes und Letztes voraus. Aber sie versuchen zu zeigen, wie dieses psychisch nicht weiter Ableitbare in seinen Eigenschaften mit der Beschaffenheit der physischen Organisation zusammenhängt und durch diese bedingt ist, welche Eigentümlichkeiten in Bau und Funktion der Organe es z. B. bewirken, daß wir Töne analysieren, Farben nicht analysieren können, daß wir dort die Periodizität der Oktaven, hier den Antagonismus der Komplementärfarben haben usf. In dieser Weise und mit solchen Zwecken ist auch eine Raumtheorie möglich und notwendig. Nicht nach den psychischen, aber nach den physischen Grundlagen der Raumanschauung hat sie zu suchen. Sie hat z. B. die Frage zu beantworten,

woran es wohl liegen mag, daß gerade Auge und Haut die raumempfindenden Organe sind, wenn es doch, wie gezeigt, an deren Beweglichkeit nicht liegen kann. Zweifellos hängt die Sache damit zusammen, daß nur bei diesen Organen räumlich gesonderte und scharf umschriebene Einwirkungen objektiver Reize möglich sind, während die Inanspruchnahme aller anderen Sinnesorgane anders geschieht. Aber für sich allein genügt dieses Moment freilich nicht, denn sonst müßten ja auch die durch verschiedene Sinnesorgane vermittelten Eindrücke im ganzen räumlich verschieden lokalisiert werden, die Töne anderswohin als die Gerüche, wovon doch keine Rede sein kann. Es müssen also noch andere Faktoren mitspielen, und hier liegt auch die tiefere und an sich ganz berechtigte Triebfeder der bisherigen Raumtheorien: außer dem bloßen objektiven Getrenntsein der Reize noch etwas anderes anzugeben, um das Bewußtsein dieses Getrenntseins zu erklären. Indes, in welchen Struktur- oder Funktionseigentümlichkeiten diese anderen Faktoren nun zu suchen sind, ist uns zurzeit noch verborgen.

Daß die Raumwerte der einzelnen Haut- oder Netzhautstellen, die nach nativistischer Anschauung gegenwärtig für das Individuum etwas vor aller Erfahrung Gegebenes sind, dies von allem Anfang gewesen und nicht vielmehr durch eine bestimmte Entwickelung geworden seien, ist selbstverständlich niemandes Meinung; sie müssen ihre jetzige Bedeutung im Verlauf der Gattungsgeschichte allmählich erworben haben. Über die Art, wie dies wohl geschehen sein möge, hat Lipps eine Theorie aufgestellt (Grundtatsachen des Seelenlebens Kap. 21—23 und Leitfaden der Psychologie S. 86). Von vornherein, nimmt er an, verrät sich die Ortsverschiedenheit verschiedener Reize dem Bewußtsein durch gewisse subjektive Unterschiede der Eindrücke, aber diese sind zufällig hier so, dort anders; sie folgen keiner bestimmten Ordnung und können daher für sich keine der äußeren Anordnung entsprechende Lokalisation bewirken. Das geschieht erst durch das Hinzutreten von Verschiedenheiten in der objektiven Beschaffenheit der Reize, und zwar infolge des Zusammenwirkens dreier Momente. Erstens: Wird eine Mehrheit von Gesichts- oder Tasteindrücken gleichzeitig in der Seele hervorgerufen, so fließen diese, wenn und sofern sie qualitativ gleich sind, in eine Einheit zusammen; sie „verschmelzen", ganz ebenso wie es bei gleichen oder ähnlichen Tönen geschieht. Wenn und soweit die Eindrücke dagegen verschieden sind, erhalten sie sich in ihrer Selbständigkeit und bleiben gesondert, und zwar vollzieht die Seele diese Sonderung der Gesichts- und Tasteindrücke immer dadurch, daß sie sie räumlich nebeneinander ordnet, um so mehr voneinander entfernt, je größer ihre qualitative Verschiedenheit. Weshalb sie so verfährt, läßt sich nicht weiter erklären; es ist eine letzte Tatsache, wie sie von jeder Theorie vorausgesetzt werden muß. Dazu kommt zweitens der Einfluß der Übung. Werden zwei bestimmte Haut- oder Netzhautpunkte bald von qualitativ gleichen, bald von qualitativ verschiedenen Reizen getroffen, so werden jene beiden Fähigkeiten der Verschmelzung und der räumlichen Sonderung mehr und mehr gesteigert, und für jedes Punktpaar entwickelt sich je nach seinen besonderen Erfahrungen ein gewisses mittleres Vermögen räumlicher Auseinanderhaltung. Dieses wird allmählich von den stets wechselnden objektiven Reizen ganz unabhängig und verknüpft sich allein mit jenen subjektiven Färbungen, die allen Eindrücken der beiden Stellen anhaften. Endlich drittens: die objektiven Reize, die unser Auge und unsere Haut treffen, sind ganz überwiegend weder punktförmig noch für die ganzen Organe dieselben; sie bilden Felder von einer gewissen begrenzten Ausdehnung. Die Folge ist, daß auf objektiv benachbarte Stellen der Raumorgane häufiger gleiche, auf objektiv entfernte häufiger verschiedene Reize treffen,

und davon nun nach dem vorhin Gesagten die weitere Folge, daß die Eindrücke benachbarter Stellen relativ nahe aneinander, diejenigen nicht benachbarter weiter voneinander lokalisiert werden, ganz entsprechend den objektiven Entfernungen der Reize. Gewohnheitsmäßiges Zusammenordnen auf Grund häufiger objektiver Gleichheit der Eindrücke und gewohnheitsmäßiges Trennen auf Grund ihrer objektiven Verschiedenheit ist es also, was nach Lipps die gegenwärtig dem Individuum angeborene räumliche Flächenlokalisation im Verlauf der Gattungsentwicklung allmählich zustande gebracht hat.

§ 39. Die Raumanschauung. Besonderes.

Für die nähere Untersuchung der Abhängigkeit der Raumanschauung von den objektiven Reizen sowie von den verschiedenen Teilen der sie vermittelnden Organe kommen im wesentlichen folgende Fragen in Betracht. Bei welchen Abmessungen der objektiven Reize werden Größen und Entfernungen eben als solche erkannt oder nicht mehr erkannt? Bei welchen Differenzen der Reize werden verschiedene Größen und Entfernungen voneinander unterschieden? Wie verhalten sich alle diese Wahrnehmungen auf verschiedenen Teilen der perzipierenden Sinnesflächen zueinander? Wie, wenn man die Raumanschauung der beiden in Betracht kommenden Organe miteinander vergleicht? Die Zahl der hierüber vorhandenen Arbeiten ist eine außerordentlich große, allein da die praktischen Bedürfnisse der Nerven- und Augenärzte dabei vielfach mitbestimmend gewesen sind, so ist das ganze Gebiet erst ziemlich ungleichmäßig durchgearbeitet. Hier können nur einige wichtigere Tatsachen Erwähnung finden.

1. Der Tastsinn.[1] Die erste Frage, die man hier gestellt hat,

[1] Gesamtdarstellung (nebst vollständiger Bibliographie): V. Henri. Über die Raumwahrnehmungen des Tastsinns. 1898. Wichtigere Einzelarbeiten: E. H. Weber, Annotationes anatomicae 7; 1834, und die S. 357 Anm. genannte Schrift. Volkmann, Über den Einfluß der Übung auf das Erkennen räumlicher Distanzen. Ber. d. Sächs. Ges. d. Wissensch. Math. Phys. Kl. 10 S. 38; 1858. Vierordt, Die Abhängigkeit der Ausbildung des Raumsinnes der Haut von der Beweglichkeit der Körperteile. Zeitschr. f. Biologie 6 S. 53; 1870. (Ebda und in den folgenden Bänden mehrere Arbeiten seiner Schüler, namentlich Camerer 23.) Goldscheider s. S. 357 Anm. Dresslar, Studies in the Psychology of Touch. Amer. Journ. of Psychol. 6 S. 313; 1894. Judd, Über Raumwahrnehmung im Gebiete des Tastsinns. Philos. Stud. 12 S. 409; 1896. v. Frey, Über den Ortssinn der Haut. Sitz. Ber. d. phys.-med. Ges. zu Würzburg 1899 und 1902. Brückner, Die Raumschwelle bei Simultanreizung. Zeitschr. f. Psychol. 26 S. 33; 1901. v. Frey und Metzner, Die Raumschwelle der Haut bei Sukzessivreizung. Ebda 29 S. 161; 1902. Thompson und Sakijewa, Über die Flächenempfindung in der Haut. Ebda 27 S. 187; 1902. Marillier et Philippe, Recherches sur la topographie de la sensibilité cutanée. Journal de physiol. 1903, S. 65. Binet, La mesure de la sensibilité. Année psychol. 9 S. 79, 129 usw.; 1903.

weil man sie für die einfachste hielt, und die nach ihrer ersten Inangriffnahme durch E. H. Weber zahlreiche Arbeiten hervorgerufen hat, war diese: wieweit müssen zwei gleichzeitig einwirkende feine Druckreize (wie sie z. B. von abgestumpften Zirkelspitzen hervorgebracht werden) voneinander entfernt sein, damit die Eindrücke als zwei und als räumlich getrennte empfunden werden? Ihre Beantwortung stößt gleich auf die Schwierigkeit, daß die beiden Punkte nicht einfach entweder den Eindruck der Einheit oder der Zweiheit machen, sondern dazwischen den einer gewissen räumlichen Längserstreckung, einer Art Linie, und nun die Grenzen gegen die beiden Extreme nicht scharf angegeben werden können. Immerhin aber lassen sich doch für die verschiedenen Hautgebiete ziemlich bestimmte Entfernungen ermitteln, bei denen im Durchschnitt wiederholter Versuche eben ein Erkennen der Zweiheit der Reize beginnt (*Raumschwellen*). Im großen und ganzen haben sich dafür gleich die ersten Feststellungen Webers als zutreffend erwiesen. Während an der Zungenspitze eine räumliche Sonderung schon bei einer Entfernung von 1 mm möglich ist, an den Fingerspitzen bei 2, dem roten Lippenrand bei 4 mm, bedarf es dazu auf der Backe und der Innenfläche der Hand etwa 14 mm, auf dem Vorderarm 25 mm, am Brustbein und Unterschenkel etwa 40 mm und am Rücken, Oberarm und Oberschenkel gar über 60 mm. In der Querrichtung der Glieder ist die Fähigkeit räumlicher Sonderung im allgemeinen größer (die Raumschwelle also kleiner) als in der Längsrichtung. Gleichfalls ist sie größer, wenn die objektiven Reize auf verschiedene der feinen Papillenreihen einwirken, die man namentlich an den Fingern bemerkt, als wenn sie dieselbe Reihe treffen.

Die kleinen Hautbezirke, innerhalb deren keine Doppelempfindungen hervorgerufen werden können, bezeichnet man wohl mit einem schon von Weber eingeführten Namen als *Empfindungskreise*. Ihre Größe steht in einem gewissen Zusammenhang mit dem Nervenreichtum der verschiedenen Gebiete, insofern im allgemeinen die Empfindungskreise um so kleiner sind, je dichter die Tastpunkte stehen. Indes ist dieser Zusammenhang kein ganz einfacher, da z. B. die Raumschwellen des Rückens durchweg größer sind als die der Unterextremitäten, obwohl dort in der Flächeneinheit mehr Tastpunkte enthalten sind als hier, noch auch ist die Art des Zusammenhanges irgendwie klar. Überhaupt aber hat sich bei eingehenderer Untersuchung herausgestellt, daß die Beurteilung der Raumschwellen bei gleichzeitiger Einwirkung zweier Reize keineswegs als die einfachste Leistung des Tastsinnes betrachtet werden kann, sondern schon auf gewissen Verwickelungen beruht.

So werden z. B. zwei Spitzen von verschiedener Form bei beträchtlich geringeren Distanzen räumlich und qualitativ gesondert empfunden als solche von gleicher Form. Bei Verwendung einer kugelförmigen und einer zylinderförmigen Spitze fanden Marillier und Philippe die Raumschwelle am ganzen Körper durchweg nur etwa halb so groß wie bei Verwendung zweier kugelförmiger Spitzen. Für die Beurteilung spielt also noch ganz etwas anderes eine Rolle als die bloße räumliche Entfernung der Reize. Sodann ist die subjektive Haltung der Versuchspersonen, die Vorstellungen, mit denen sie an die Versuche herantreten, hier, wie Binet gezeigt hat, von erheblich größerem Einfluß auf die Resultate als anderswo bei empfindungspsychologischen Untersuchungen. In hohem Maße verändernd endlich, und zwar im Sinne zunehmender Erleichterung der Unterscheidung, wirkt die Übung, namentlich an solchen Hautstellen, die im täglichen Leben nicht zum Tasten in Anspruch genommen werden. Bei Untersuchungen an der Innenseite des Vorderarms, die mit zwei Personen vier Wochen lang regelmäßig fortgesetzt wurden, konstatierte Dresslar ein durchschnittliches Zurückgehen der Schwellenwerte auf weniger als $^1/_7$ ihrer Anfangsgröße. Dabei aber wächst die Empfindlichkeit nicht nur an der direkt gereizten Hautstelle, sondern auch an anderen, z. B. benachbarten Stellen, ganz besonders aber an der symmetrisch gelegenen Hautstelle. Der Erfolg der Mitübung ist für diese, wie schon Volkmann fand, nahezu ebenso groß wie der der direkten Übung. Im Zusammenhang mit diesem Einfluß der Übung wird es stehen, daß bei Blinden die Tastempfindlichkeit im allgemeinen etwas größer gefunden wird als bei Sehenden (und zwar nicht nur an den Fingerspitzen). Ferner, daß die Empfindlichkeit an den Extremitäten von ihren Drehpunkten nach den Enden hin stetig zunimmt, ohne daß sich jedoch, wie Vierordt wollte, hierfür ein einfaches Gesetz formulieren ließe.

Die anscheinend einfachste und darum auch verhältnismäßig wenig veränderliche Leistung des Tastsinnes findet man, wenn man erstens auf seine anatomischen Elemente, die Tastpunkte, zurückgeht und zweitens die Reize nicht gleichzeitig, sondern nacheinander einwirken läßt. Daß bei solcher Sukzessivreizung zwei Spitzen bedeutend leichter räumlich auseinander gehalten werden als bei gleichzeitigem Aufsetzen, war schon lange bekannt. Dazu hat v. Frey nun festgestellt, daß unter günstigen Umständen (z. B. bei einer bequemen Größe der Zwischenzeit, bei einer genügenden Reizstärke) zwei Reize noch als verschieden erkannt werden können, wenn sie unmittelbar benachbarte Tastpunkte treffen, und daß eine nennenswerte Steigerung dieser Empfindlichkeit durch Übung nicht stattfindet. Die

Lage der beiden gereizten Punkte zueinander kann dabei allerdings zunächst noch nicht angegeben werden; die zweite Berührung erscheint lediglich qualitativ anders als die erste, jede sozusagen eigentümlich gefärbt. Erst wenn ihre objektive Entfernung auf etwa das doppelte der einfachen Sukzessivschwelle gesteigert wird, wird auch ihre Lagebeziehung mit Sicherheit erkannt. Bei gleichzeitiger Reizung benachbarter Tastpunkte dagegen ist ein Erkennen ihrer Zweiheit niemals möglich. Vielmehr findet in diesem Falle eine gegenseitige Verstärkung und Verschmelzung der Reize statt: der Doppelreiz erscheint deutlich stärker als jeder einzelne, und bei darauf gerichteter Aufmerksamkeit ist diese Summation der Reizintensitäten auch noch bei nicht benachbarten und in beträchtlicher Entfernung voneinander gelegenen Tastpunkten zu erkennen.

In engem Zusammenhang mit den großen Verschiedenheiten der Empfindlichkeit für Punktdistanzen steht es, daß gleich große objektive Entfernungen oder gleich große Gegenstände auf verschiedenen Hautstellen ganz verschiedene Dimensionen zu haben scheinen. Sie werden an den empfindlicheren Stellen gewissermaßen in einer kleineren Einheit ausgemessen und liefern also eine größere Anzahl von Teilen. Die Lücke eines ausgezogenen Zahnes oder auch die Höhlung eines erkrankten erscheinen der explorierenden Zunge enorm groß; greift man mit dem Finger hin, so schrumpfen sie etwa auf die Hälfte zusammen. Beißt man die Zähne des Oberkiefers weit hinüber auf die äußere Haut der Unterlippe, so kommt einem der Bogen der Zahnreihe auffallend eng und klein vor, verglichen mit dem Eindruck, den man durch die Zunge davon hat. Bewegt man zwei Zirkelspitzen in stets gleichem Abstand voneinander beliebig über das Gesicht, die Arme usw., so kommen sie bald einander näher und rücken bald weiter auseinander, je nach der geringeren oder größeren Empfindlichkeit der Teile, über die sie gerade hingeführt werden. Indes ist hierzu noch zweierlei zu bemerken. Erstens entsprechen diese Verschiedenheiten des Größeneindrucks keineswegs genau denen der Empfindlichkeit, sondern sind in der Regel viel geringer. Sind z. B. die Empfindungskreise einer Stelle zehnmal größer als die einer anderen, so erscheint eine bestimmte objektive Distanz auf der feiner empfindenden Stelle zwar größer als auf der ersten, aber doch nicht etwa zehnmal größer. Das gleiche zeigt sich auch schon darin, daß die Durchmesser der Empfindungskreise selbst zwar die kleinsten Distanzen sind, die als solche noch erkannt werden, aber deshalb doch durchaus nicht alle einander gleich erscheinen. Zweitens werden die Unterschiede der Größenschätzung allmählich geringer, je größer die objektiven Strecken sind, um die es sich handelt. Camerer fand z. B. das Ver-

hältnis zweier Entfernungen auf Stirn und Lippe, die subjektiv den Eindruck der Gleichheit machten, in der Gegend von 1 cm wie 5:3, in der Gegend von 2 cm nur mehr wie 4:3. Die Erklärung für beides ist vermutlich in korrigierenden Einflüssen des Gesichtssinnes und der kinästhetischen Empfindungen zu suchen. Man kennt aus dem Gesichtsbilde beispielsweise die Länge eines Fingergliedes und die Breite des Unterarms. Empfindet man nun die eine von zwei Berührungen etwa an einer Fingerspitze, die andere in der Gegend der nächsten Gelenkfalte, so weiß man, daß eine solche Entfernung quer über den Unterarm gemessen etwa so und so weit reichen würde, und urteilt zum Teil auf Grund dieses Wissens.

Über unsere Tastempfindlichkeit für Linien und Flächengrößen liegen erst wenige Angaben vor. Nach Judd erkennen wir Linien als etwas Ausgedehntes unbestimmter Richtung ungefähr bei denselben Entfernungen ihrer Endpunkte, bei denen wir sukzessiv einwirkende einzelne Punkte zu unterscheiden vermögen. Zu einer bestimmten Richtungsangabe aber sind wir erst imstande bei einer etwa dreimal größeren Länge, d. h. wenn die Linien der Unterscheidungsschwelle für gleichzeitig einwirkende Punkte an Größe gleichkommen. Interessant ist dabei noch, daß Linien oder auch mit mehreren Punkten ausgefüllte Distanzen, die ohne Bewegung (der Hand oder des Objekts) getastet werden, kleiner erscheinen als gleichgroße, aber unausgefüllte Punktdistanzen. Das Erkennen und Unterscheiden von Flächengrößen vermittelst der ruhenden Haut ist eine schwierige und unsichere Sache, namentlich an den weniger fein empfindenden Partien. Zudem erfolgt die Beurteilung, wie Thompson und Sakijewa fanden, selten auf Grund der bloßen Berührungsempfindung. Sie stützt sich zugleich auf Überlegungen aus dem Druck der einwirkenden Flächen, aus den Spannungen der Haut an den nachgiebigen Stellen und der Lokalisation durch die Knochen, wo diese unterliegen. Es handelt sich hier also um verwickeltere Vorgänge.

2. Das Einzelauge.[1] Die einfachste hier mögliche Frage, nämlich nach der Größe des Gesichtswinkels, den ein Gegenstand mindestens haben muß, um eben noch gesehen zu werden, läßt sich

[1] Über Sehschärfe im allgemeinen s. die Lehrbücher der Augenheilkunde, sowie die Darstellung von Bourdon, La perception visuelle de l'espace. 1902. Dazu: Wülfing, Über den kleinsten Gesichtswinkel. Zeitschr. f. Biologie N. F. 11 S. 199; 1892. Hering, Über die Grenzen der Sehschärfe. Ber. d. Sächs. Ges. d. Wiss. Math. phys. Cl., 4. Dez 1899. Wertheim, Über indirekte Sehschärfe. Zeitschr. f. Psychol. 7 S. 172; 1894. — Über Punktsehschärfe: Guillery, Vorschlag zur Vereinfachung der Sehproben. Arch. f. Augenheilk. 23 S. 323; 1891.

ohne nähere Bestimmungen nicht beantworten. Denn wie das Beispiel der Fixsterne zeigt, werden Objekte selbst bei unmeßbar kleinem Gesichtswinkel noch ausgezeichnet wahrgenommen, wenn nur ihre Helligkeit genügend groß ist. Vermutlich beruht das darauf, daß infolge der Unvollkommenheiten der Strahlenbrechung im Auge die von einem objektiven Punkt ausgehenden Lichtstrahlen auf der Netzhaut nicht wieder genau in einem Punkt vereinigt, sondern über eine kleine Fläche ausgebreitet werden, deren Größe mit der Helligkeit des Punktes zunimmt. Um bestimmte Angaben zu ermöglichen, darf also der Helligkeitsunterschied zwischen Gegenstand und Grund nicht allzu groß sein, und zugleich muß er irgendwie näher definiert werden. Für praktische Zwecke haben sich kleine schwarze Quadrate oder Scheibchen auf gewöhnlichem weißem Papier als vorteilhaft erwiesen, uud man hat gefunden, daß solche Objekte bei gutem Tageslicht noch uuter einem Gesichtswinkel von $^1/_2$ Miuute wahrgenommen werden können. Die durchschnittliche Leistung ist natürlich etwas schwächer; als normal betrachtet man das Erkennen schwarzer Scheibchen von 50 Winkelsekunden Durchmesser.

Eine zweite den Raumsinu des Auges charakterisierende Größe ist, wie bei der Haut, die kleinste Entfernung, die zwei Punkte oder Linien noch haben müssen, um als zwei und als räumlich getrennt gesehen zu werden. Man hat sie sehr häufig zu ermitteln gesucht und ziemlich übereinstimmend gefunden, daß sie unter günstigen Bedingungen etwa 1 Winkelminute beträgt. Wie schon früher (S. 193) erwähnt, wird diese Grenze wahrscheinlich durch die Größe der Sehzellen sowie durch die Notwendigkeit bedingt, daß zur Sonderung zweier Eindrücke zwei gereizte Netzhautelemente mindestens durch ein nicht gereiztes voneinander getrennt sein müssen.

Handelt es sich um bloße Lageverschiedenheiten räumlicher Gebilde, so genügen für die Wahrnehmbarkeit weit geriugere Unterschiede. Wie Wülfing zeigte, können die beiden Hälften eines feinen geraden Strichs, die senkrecht zu ihrer Längsrichtung noniusartig gegeneinander verschoben sind (Fig. 46), noch als diskontinuierlich erkannt

---

Ferner in späteren Bänden desselben Archivs, in der Zeitschr. f. Psychol. Bd. **10** ff. und Pflügers Arch. Bd. **66** ff. Groenouw, Über die Sehschärfe der Netzhautperipherie. 1892. — Außerdem sind von Wichtigkeit: J. v. Kries, Über die Abhängigkeit zentraler und peripherer Sehschärfe von der Lichtstärke. Zentralbl. f. Physiol. 8 S. 695; 1893. A. König, Die Abhängigkeit der Sehschärfe von der Beleuchtungsintensität. Sitz. Ber. d. Berl. Akad. d. Wiss. 1897 S. 550. A. E. Fick, Über Stäbchen- und Zapfensehschärfe. Graefes Arch. f. Ophthalm. **45** S. 336; 1898. Bloem und Garten, Vergleichende Untersuchungen der Sehschärfen des hell- und des dunkeladaptierten Auges. Pflügers Arch. **72** S. 372; 1898.

werden, wenn der der Verschiebung entsprechende Gesichtswinkel nur 10—12 Sekunden beträgt. Daß sich dies mit der histologischen Struktur der Retina wohl verträgt und nicht ebenso geringe Dimensionen der Sehzellen verlangt, hat Hering nachgewiesen. Die Retinaelemente bilden annähernd ein Mosaik kleiner Sechsecke, und sobald nun die verschobene Hälfte der Linie nur eine gewisse Anzahl von anderen Elementen zur Erregung bringt, als wenn sie ohne Verschiebung verliefe, ist die Verschiedenheit des Eindrucks der Lage für die Seele wohl verständlich.

Fig. 46.

In der augenärztlichen Praxis benutzt man zur Messung der Raumempfindlichkeit das Erkennen von einfachen Figuren, wie Buchstaben, Zahlen, Haken, wobei natürlich, da dies eine kompliziertere Aufgabe ist, etwas größere objektive Raumwerte erforderlich sind als für die Sonderung eines einfachen Punktpaares. Als normal wird hier die Sehschärfe eines Auges bezeichnet, wenn es Figuren der genannten Art, deren Liniendicke $^1/_5$ ihrer Gesamtgröße beträgt, unter einem Gesichtswinkel von 5 Minuten noch zu erkennen vermag. Indes ist die durchschnittliche Leistungsfähigkeit guter Augen, namentlich bei sog. Naturvölkern, ungefähr doppelt so groß.

Alles das beim Sehen mit den Netzhautgruben. Auf den Seitenteilen der Netzhaut wird das Erkennen und Sondern von Raumgrößen bekanntlich mit großer Schnelligkeit viel unsicherer und unvollkommener, je weiter man sich von der Mitte entfernt. Worin die Unsicherheit eigentlich besteht, weiß jeder aus eigener Anschauung, gleichwohl läßt es sich schwer mit Worten beschreiben. Es ist eine Unsicherheit ganz anderer Art, als wenn man etwa zentral die Dinge durch einen Nebel oder bei ungenauer Akkommodation sieht: sie besteht mehr in der Schwierigkeit, überhaupt bestimmte Eindrücke von den Raumverhältnissen des Gesehenen zu gewinnen und die gewonnenen festzuhalten. Da hierbei zugleich der Einfluß der Übung ein sehr bedeutender ist, so zeigen die Angaben verschiedener Beobachter über die genaue Größe der peripheren Sehschärfe oft beträchtliche Unterschiede. Um ein ungefähres Bild der Verhältnisse zu geben, sei erwähnt, daß die Unterscheidungsfähigkeit für einfache Formen schon innerhalb des gelben Flecks, d. h. in einer Entfernung von wenigen Graden vom Fixationspunkt, auf etwa $^1/_4$ ihres zentralen Wertes abfällt, daß sie in 10° Entfernung auf $^1/_7$, in 30° auf $^1/_{20}$ gesunken ist und in 50° Entfernung nur noch $^1/_{50}$ beträgt. Die Punktsehschärfe, d. h. die Wahrnehmungsfähigkeit für schwarze Scheiben auf hellem Grunde, verhält sich ähnlich, nur daß vielleicht ihre Abnahme etwas weniger schnell vor sich geht. Durchweg aber erfolgt die Verringerung

der Erkennungsschärfe nach der Schläfenseite des Gesichtsfeldes langsamer als nach der Nasenseite sowie nach oben und unten. Die Linien gleicher Sehschärfe haben daher, in Übereinstimmung mit der allgemeinen Gestalt des Gesichtsfeldes, etwa die Form von liegenden Ellipsen, in deren innerem Brennpunkt sich die Stelle des deutlichsten Sehens befindet.

Von großem Interesse sind die Änderungen der Sehschärfe bei starker Abschwächung der objektiven Beleuchtung. Daß im allgemeinen mit Abnahme der Lichtintensität auch die Sehschärfe sich verringert, ist jedem aus der täglichen Erfahrung geläufig. Um bei vorrückender Dämmerung zu lesen, muß man die Schrift mehr und mehr dem Auge nähern, d. h. die Gesichtswinkel der Buchstaben vergrößern. Diese Abhängigkeit folgt für ein sehr großes Intervall mittlerer Helligkeiten einer einfachen, von A. König gefundenen Gesetzmäßigkeit: die Sehschärfen, gemessen in Bruchteilen der vorhin definierten Normalgröße, ändern sich direkt proportional den Logarithmen der Beleuchtungsintensitäten (Fig. 47). Unterschiede der Farbe sind dabei ohne Belang, d. h. wenn verschiedenartiges Licht subjektiv den Eindruck gleicher Helligkeit macht, so kann man auch gleich viel dabei erkennen. Bemerkenswert ist nun aber das weitere Verhalten der Sehschärfe, wenn die Beleuchtung auf weniger als etwa $^1/_{10}$ Meterkerze vermindert wird, und zwar in dreifacher Hinsicht. 1. Die Sehschärfe fährt fort, mit zunehmender Dunkelheit entsprechend der eben formulierten Gesetzmäßigkeit weiter abzunehmen, aber mit nahezu plötzlicher Änderung in einem viel langsameren Verhältnis als vorher. Während bei größeren Helligkeiten eine Steigerung der Lichtintensität um das Zehnfache eine Verbesserung der Sehschärfe um etwa $^4/_{10}$ ihres Normalwertes bewirkt, entspricht jetzt einem hundertfach stärkeren Licht nur eine um $^1/_{10}$ bessere Sehschärfe (s. die Figur). 2. Die Verhältnisse zwischen peripherer und zentraler Sehschärfe werden bei schwachem Licht vollständig andere. Im Netzhautzentrum, das vorher eine alles überragende Empfindlichkeit besaß, findet sich jetzt eine kleine Stelle, mit der gar nichts mehr wahrgenommen wird. Die Empfindlichkeit hat ihr Maximum vielmehr in einer Entfernung von einigen Graden in einer ringförmigen Zone um das Zentrum herum und fällt von hier ziemlich allmählich nach außen ab. 3. Sowohl hinsichtlich dieser Abhängigkeit der Sehschärfen von den Netzhautregionen wie hinsichtlich jener ersten von den Lichtintensitäten stimmt das Sehen der normalen Individuen vollständig überein mit dem der total Farbenblinden. Nur sind diese dadurch charakterisiert, daß die für Dämmerlicht gültigen Verhältnisse bei ihnen auch bei größeren Lichtintensitäten bestehen bleiben. Die relative Verteilung der Sehschärfen auf der Netzhaut bleibt dieselbe, und ihre weitere Steigerung durch Vermehrung der Lichtintensität erfolgt ganz mit der bei schwachem Licht zu beobachtenden Langsamkeit (Fig. 47). Weiter indes als bis

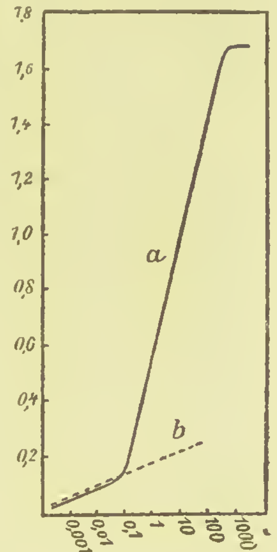


Fig. 47. Abhängigkeit der Sehschärfe von der Beleuchtungsintensität. *a* für das normale, *b* für das totalfarbenblinde Auge. Die Abszissen bedeuten Meterkerzen. (Nach A. König.)

zu etwa $^1/_5$ der normalen Empfindlichkeit kommen diese Farbenblinden nicht, da sie, wie bereits früher erwähnt, schon bei mäßig großen Helligkeiten geblendet werden.

Von den Gesichtspunkten der oben (S. 278) dargelegten Duplizitätstheorie des Sehens aus sind alle diese Erscheinungen leicht zu verstehen und bilden also eine Bestätigung für sie. In engem Zusammenhange mit ihnen steht noch die folgende Tatsache. Einem an Dunkelheit adaptierten Auge machen objektiv schwächere Lichtintensitäten denselben Eindruck an Helligkeit wie einem an Helligkeit adaptierten objektiv stärkere Intensitäten (S. 247). Adaptiert man nun ein Auge an Dunkelheit, das andere an Helligkeit und zeigt beiden gut beleuchtete räumliche Formen, die infolge entsprechender Regulierung des objektiven Lichtes subjektiv möglichst gleich hell erscheinen, so haben die Augen für sie nicht etwa gleiche Sehschärfen, wie man bei der Gleichheit des subjektiven Eindrucks doch erwarten sollte, sondern die des dunkeladaptierten Auges ist allemal geringer. Dieses arbeitet eben, da es sich an die hellen Objekte nicht momentan zu adaptieren vermag, zum Teil mit seinem Dämmerungsapparat, der keine hohe Sehschärfe verleiht.

Daß die Austrittsstelle des Sehnerven aus der Netzhaut, der sog. blinde Fleck, keine Empfindlichkeit besitzt, wurde früher schon erwähnt. Hier muß hinzugefügt werden, daß unsere Raumanschauung von den Dingen an dieser Stelle gleichwohl keine Unterbrechung erleidet. Gegenstände, deren Bild teilweise auf den blinden Fleck fällt, schrumpfen hier nicht etwa zusammen, sondern behalten ganz ihre sonstigen Formen und Entfernungen und zeigen nur eine der Größe des Flecks entsprechende Lücke. Es entsteht die Frage, womit diese denn ausgefüllt erscheint. Darauf läßt sich in einem Falle eine bestimmte Antwort geben: wenn man den Blick eines Auges plötzlich gegen eine gleichförmige helle Fläche wendet, so sieht man — nach einiger Übung — die Stelle als einen sehr verwaschenen grauen Fleck, der bald vergeht; man kann, ohne herumzutasten, sofort mit dem Finger darauf zeigen und dessen Spitze in der Lücke verschwinden sehen. Was man in anderen Fällen sieht, wird sich kaum sicher ausmachen lassen. Man hat gemeint, die Lücke werde durch die Phantasie so ergänzt, wie es von der jeweiligen Umgebung gefordert werde (z. B. mit Druckschrift beim Lesen), oder die von ihren Rändern herstammenden Eindrücke breiteten sich in diffuser Weise als eine Art Mischeindruck über sie aus. Beides scheint mir zuviel behauptet. Man kann nicht sagen, daß man in der Lücke etwas anderes sieht als in ihrer Umgebung, aber man kann auch keineswegs positiv sagen, daß man dasselbe oder etwas Ähnliches sieht; man kann eben gar nichts sagen. Es ist ähnlich, wie wenn man nach einer kurzen Zeit traumlosen Schlafes keinerlei Vorstellungen zur Ausfüllung dieses Intervalls hat, deshalb aber doch die Eindrücke der Gegenwart in zeitlicher Hinsicht durchaus nicht unmittelbar und lückenlos an die Vergangenheit vor dem Einschlafen anschließt.

Die Fähigkeit des Auges, verschiedene Raumgrößen voneinander zu unterscheiden, das sog. *Augenmaß,* ist bei ruhendem Auge relativ gering. Denn bei der Fixation irgend eines Punktes fallen die zu vergleichenden Konturen größtenteils auf entferntere Seitenteile der Netzhaut und werden nur unsicher beurteilt. Bei bewegtem Auge dagegen, wo den Netzhautbildern der einzelnen Gegenstände oder ihrer Teile günstigere Lagen gegeben werden können und zugleich eine räumliche Interpretation kinästhetischer Empfindungen zu Hilfe genommen wird, ist die Unterschiedsempfindlichkeit eine ziemlich feine. Linien und Punktdistanzen werden im allgemeinen, wie ich finde, noch mit Sicherheit voneinander unterschieden, wenn sie um $^1/_{50}$—$^1/_{60}$ ihrer objektiven Größe voneinander differieren. Auf ihre absolute Größe kommt es dabei nicht so sehr an; für Strecken mittlerer Größe wenigstens ergeben sich immer wieder dieselben Werte des ebenmerklichen relativen Unterschiedes. Die vergleichende Beurteilung von Flächengrößen geschieht mit ähnlicher Genauigkeit. Zwei Kreisflächen z. B. werden als verschieden groß erkannt, wenn die eine in ihrem Gesamtflächeninhalt um $^1/_{50}$—$^1/_{60}$ größer ist als die andere. Die Durchmesser unterscheiden sich dann etwa um $^1/_{100}$—$^1/_{120}$ voneinander.

3. Das Doppelauge. Unser Gesichtsorgan ist doppelt vorhanden; die Eindrücke, die es uns vermittelt, stammen also aus zwei äußerlich getrennten Quellen. An den Außenrändern des Gesichtsfeldes ergänzen sich die aus beiden fließenden Nachrichten (wie es bei Tieren mit seitlich stehenden Augen durchweg der Fall ist), in der bei weitem größeren mittleren Partie dagegen stimmen sie miteinander überein. Gleichwohl wissen wir im allgemeinen nichts von einer Doppelheit der Gesichtsbilder; wir sehen die Dinge nur ein Mal, und es ist für den Eindruck, den wir von ihrer Nebeneinanderordnung haben, im wesentlichen gleichgiltig, ob wir sie einäugig oder zweiäugig betrachten. Auch die Helligkeit der Dinge ist bekanntlich, außer bei Dunkeladaptation (S. 252), in beiden Fällen so gut wie identisch. Gleichwohl ist die Art der Betrachtung doch wieder nicht unter allen Umständen gleichgiltig. Wenn man mit einem Finger leicht an einem Auge rüttelt, so entsteht eine Spaltung: die Bilder des bewegten Auges lösen sich von den ganz gleichartigen des feststehenden ab und tanzen auf und nieder. Ebenso wenn man ein Prisma vor einem Auge hin und her bewegt oder schielend in die Welt hinausblickt. Was in diesen Fällen geändert wird, ist die Lage der Augen oder vielmehr der in ihnen enthaltenen Netzhautbilder zueinander, und offenbar ist also das der Punkt, auf den es für das Einfach- oder Doppeltsehen wesentlich ankommt. Genauere Untersuchungen haben gelehrt, in

welcher Weise. Jeder Stelle der einen Netzhaut ist eine bestimmte Stelle der anderen derartig zugeordnet, daß bei einer gemeinsamen und gleichartigen Erregung beider Stellen nur ein einziger Eindruck zustande kommt. Man bezeichnet die so zusammengehörigen Stellen als *korrespondierende Netzhautstellen.* Gefunden werden sie dadurch, daß man zusieht, für welche Stellen der beiden Netzhäute gleiche Erregungen einander beliebig ersetzen können, ohne daß sich an dem Gesichtsbilde etwas ändert.

Korrespondierende Stellen sind vor allem die Zentralgruben beider Netzhäute. Was wir fixieren, erscheint ausnahmslos und unter allen Umständen einfach. Auch wenn man durch künstliche Veranstaltungen zwei räumlich getrennte Gegenstände, aber von gleichem Aussehen, auf den Zentralgruben zur Abbildung bringt, liefern sie nur einen Eindruck. Man kann z. B. zwei gleiche Objekte, die nicht weiter als die Augenmitten voneinander sind, so betrachten, als ob sie durchsichtig wären und man durch sie hindurch einen Punkt am Himmel fixieren wollte *(haploskopische Betrachtung)*; man sieht dann in der Mitte des Gesichtsfeldes das Objekt nur einmal. Ähnlich, wenn man durch willkürliches Schielen den Fixationspunkt des rechten Auges auf das linke und den des linken Auges auf das rechte Objekt wendet. Fixiert man binokular einen Gegenstand so lange, bis man ein deutliches Nachbild von ihm erhält, und bringt dann die beiden Augen durch Druck oder Schielen in eine ganz beliebige andere Lage zueinander, so bleibt gleichwohl das auf beiden Netzhautmitten vorhandene Nachbild für das Bewußtsein schlechterdings einfach; es kann auf keine Weise und durch keinen Kunstgriff gespalten werden.

Auf den übrigen Teilen der beiden Netzhäute korrespondieren einander im großen und ganzen Stellen, die von den Netzhautgruben in gleicher Richtung gleich weit entfernt liegen. Denkt man sich also die beiden Netzhäute so übereinander geschoben, daß die Zentralgruben sich decken und die Sehnervenaustritte rechts und links von dieser Stelle in einer sie schneidenden Geraden liegen, so fallen die korrespondierenden Stellen durchweg aufeinander.

Ganz genau ist das freilich nicht der Fall, und die Art der Abweichung (die sog. *Inkongruenz der Netzhäute*) ist interessant genug, um ein paar Worte zu rechtfertigen. Bei aufrechter Haltung und Blick geradeaus in die Ferne sind die horizontalen Meridiane beider Netzhäute ziemlich genau zugleich korrespondierende Querlinien. Die vertikalen Meridiane dagegen korrespondieren einander nicht. Sondern die durch die beiden Fixationspunkte gehenden korrespondierenden *Längslinien* sind in beiden Augen mit den oberen Enden etwas nach außen geneigt; sie schließen einen nach oben offenen spitzen Winkel ein. Dieser pflegt durchweg nur klein zu sein — 2 bis $2^1/_2{}^0$ —, ist aber durch einen besonderen Umstand charakteristisch. Verlängert man nämlich seine Schenkel nach

unten, so schneiden sie sich bei den meisten Menschen etwa in der Gegend des Fußbodens; sie bilden also ein sehr schmales V, dessen Spitze zwischen die Füße fällt. Die zweckmäßige Wirkung dieser Einrichtung liegt darin, daß auf solche Weise die gerade Linie, in der die Fußbodenebene von der Symmetrieebene des Körpers geschnitten wird, beim Blick geradeaus in die Ferne auf korrespondierenden Stellen abgebildet und also einfach gesehen wird. Die übrigen, nicht durch die Fixationspunkte gehenden korrespondierenden Längslinien der Netzhäute verlaufen parallel den Schenkeln jenes Winkels. Da übrigens die Augen bei Bewegungen nach oben oder unten etwas um ihre Achsen gerollt werden, so ist der Winkel je nach der Augenstellung ein anderer. Beim Blick nach oben wird er größer, beim Blick nach unten kleiner, und bei einer Senkung der Blickebene von etwa 30° unter die Horizontale verschwindet er, sodaß also dann die korrespondierenden Längsschnitte einander parallel und vertikal verlaufen. Für die Betrachtung von Gegenständen, die in der Hand gehalten werden, ist dies wiederum die zweckmäßigste Stellung der Augen.

Was geschieht nun, ist jetzt die weitere Frage, wenn korrespondierende Netzhautstellen nicht von gleichen, sondern von verschiedenen Reizen getroffen werden? Und was, wenn nicht korrespondierende *(disparate)* Stellen von gleichen Reizen? In beiden Fällen tritt je nach Umständen zweierlei ein.

1. Bei verschiedener Reizung korrespondierender Stellen zunächst ist die weitaus gewöhnlichste Erscheinung ein eigentümliches Oszillieren, ein *Wettstreit* der den beiden Augen dargebotenen Eindrücke. Eine Weile sieht man das dem einen Auge angehörige Bild; plötzlich verschwindet es und an seiner Stelle steht das des anderen Auges, um seinerseits wieder sehr bald dem ersten Platz zu machen. Bisweilen erscheinen auch wohl beide Bilder gleichsam ineinander gearbeitet, d. h. mit verschiedenen Teilen gleichzeitig in verschiedenen Partien des Gesichtsfeldes, aber auch dies mit einer fortwährenden Unruhe und Abwechslung. Im ganzen hat der Vorgang etwas Regelloses und der Beherrschung Spottendes; immerhin lassen sich einige Momente angeben, die für das Auftreten eines bestimmten Bildes von Einfluß sind. Konturen z. B. siegen in entschiedener Weise über einen gleichförmigen Grund; dieser kommt erst in der weiteren Umgebung der konturierten Figur zur Geltung. Schließt man ein Auge kurze Zeit, um es sogleich wieder zu öffnen, so wird dadurch in der Regel das diesem Auge angehörige Bild begünstigt und drängt das andere zurück. Namentlich ist die energische Richtung der Aufmerksamkeit auf eins der Bilder von günstiger Wirkung für sein Auftreten oder längeres Bestehenbleiben. Durch gehörige Übung kann man es wohl dahin bringen (z. B. beim Mikroskopieren mit beiderseits offenen Augen), die Bilder eines Auges für längere Zeit ganz zu unterdrücken, sodaß von einem Wettstreit eigentlich keine Rede mehr ist.

Unter besonderen Umständen, wenn nämlich die auf korrespon-

dierende Stellen wirkenden verschiedenen Farbenreize begrenzte Felder von gleichen Formen ausfüllen, tritt an die Stelle des Wettstreits ein anderes Phänomen, die *binokulare Farbenmischung*.[1] Die den beiden Netzhäuten getrennt zugeführten Farbenreize vereinigen sich für das Bewußtsein und bewirken den Eindruck einer Mischfarbe. Allerdings ist diese Vereinigung bei Feldern mit einfachen Konturen, wie etwa verschiedenfarbigen Quadraten oder Kreisen, meist noch unsicher und mangelhaft; sie erinnert noch etwas an einen Wettstreit der Eindrücke. Entweder es kommt nur zu einer scheckigen Marmorierung des Feldes, oder die Mischfarbe steht der einen Komponente relativ nahe und empfängt von der anderen nur einen gewissen Zusatz. Blau und Gelb z. B., die bei gewöhnlicher Farbenmischung Grau liefern, geben binokular gemischt abwechselnd ein grünliches Gelb und ein grünliches Blau. Charakteristisch ist für solche Fälle namentlich noch die Vereinigung eines schwarzen und eines weißen Feldes: man erhält ein bald helleres bald dunkleres Grau mit einem eigentümlichen graphitartigen Glanz. Wenn man dagegen verschiedenfarbige kongruente Objekte von sehr komplizierten Formen mit korrespondierenden Netzhautstellen betrachtet, so ist der Zwang zu ihrer Vereinigung ein sehr großer und man erhält vollkommen gleichmäßige und konstante Mischfarben. Vortrefflich eignen sich hierzu, wie Schenck fand, Briefmarken. Unsere roten 10 Pfennig- und grünen 5 Pfennigmarken z. B. geben binokular gemischt ein Grau, das dem durch gewöhnliche Farbenmischung zu erhaltenden jedenfalls sehr nahe steht. Nur ist seine Helligkeit nicht wie bei dieser gleich der Summe, sondern gleich dem arithmetischen Mittel der Helligkeiten der Komponenten.

Durch die Korrespondenz der Netzhäute werden die beiden Augen gewissermaßen zu einem einzigen Organ vereinigt. Doch die Erscheinung des Wettstreits und die Besonderheiten der binokularen verglichen mit der unokularen Farbenmischung zeigen, daß sie dabei zugleich auch einen hohen Grad von Selbständigkeit behalten. Eine weitere bemerkenswerte Tatsache dieser Art hat Sherrington kürzlich gefunden (On Binocular Flicker usw., Journ. of Psychol. 1 S. 26; 1904): Die beiden Augen unterstützen einander nicht bei der Vereinigung intermittierender Helligkeiten zu einem kontinuierlichen Eindruck nach dem Talbotschen Gesetz (S. 259). D. h., wenn die schnellen Lichtwechsel, die bei der gewöhnlichen zweiäugigen Betrachtung erforderlich sind, damit gerade kein Flimmern mehr stattfindet, so verteilt werden, daß abwechselnd ein Lichtblitz das eine und der nächstfolgende die korrespondierende Stelle des anderen Auges trifft, so erscheint keineswegs ein ruhiges Bild. Vielmehr wird in diesem Falle starkes Flimmern gesehen, und damit es verschwinde, muß die Anzahl der ineinander geschobenen Lichtwechsel für jedes einzelne Auge annähernd gerade so groß sein wie bei der gleichzeitigen Erregung beider Augen.

[1] F. Schenck, Einiges über binokulare Farbenmischung. 1901.

2. Wirken objektiv gleiche Reize auf nicht korrespondierende Stellen der beiden Netzhäute ein und überschreitet dabei die Disparität der gereizten Stellen eine gewisse Größe, so wird der gleiche Gegenstand zweimal gesehen, er erscheint in *Doppelbildern.* Sie wurden oben schon erwähnt als Wirkungen von Druck auf das Auge oder von vorgesetzten Prismen. Man kann ihrer aber auch bei dem gewöhnlichen Gebrauch der Augen ansichtig werden, wenn man einen beliebigen Punkt fixiert und dabei auf die Dinge achtet, die sich möglichst in derselben Richtung vor oder hinter ihm befinden. Wird z. B. der Gegenstand *b* (Fig. 48) binokular fixiert, so erscheint er einfach. Den näher gelegenen Gegenstand *a* sieht dann das rechte Auge links von *b*, das linke rechts von *b*, und da eben *b* für das Bewußtsein nur einmal vorhanden ist, ist *a* zweimal vorhanden, es wird in *gekreuzten Doppelbildern* gesehen, wie man sagt. Gleichfalls doppelt erscheint der entferntere Gegenstand *c*, aber dem rechten Auge rechts, dem linken links von *b*, also in *gleichnamigen Doppelbildern.* Die Entfernung der Doppelbilder voneinander entspricht ganz dem Abstande der zugehörigen Netzhautstellen von genau korrespondierenden Punkten. Ihrer Zugehörigkeit zu einem bestimmten Auge ist man sich nicht unmittelbar bewußt, man kann sie aber durch gesondertes Schließen und Öffnen eines Auges leicht feststellen.

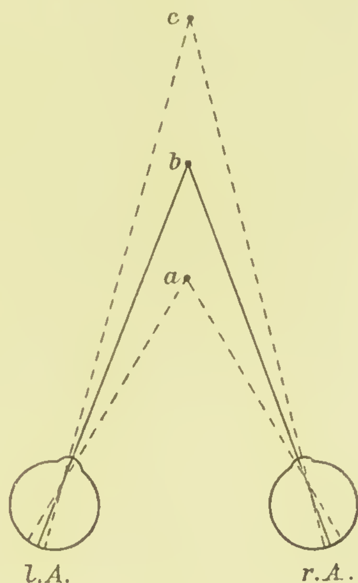


Fig. 48.

Erscheint alles Gesehene gleichzeitig in Doppelbildern, wie beim Hindurchsehen durch Prismen oder bei gelegentlichen abnormen Augenstellungen, so werden sie ohne weiteres bemerkt. Charakteristisch ist dann, daß die Augen sich ihrer rasch zu entledigen suchen, nämlich durch Bewegungen, die objektiv gleiche Bilder wieder auf korrespondierende Stellen bringen. Für die beim gewöhnlichen normalen Gebrauch der Augen entstehenden Doppelbilder dagegen ist es geradezu auffallend, wie wenig von ihnen zum Bewußtsein kommt. Bei jeder bestimmten Stellung der Augen sind es nur relativ wenige Punkte des Raumes, von denen aus korrespondierende Punkte der beiden Netzhäute erregt werden können, und die also unter allen Umständen einfach gesehen werden müssen. Ihr Inbegriff, der je nach der Lage der Augen verschiedenartig geformte Flächen bildet, wird als

Horopter bezeichnet und kann, wenn die korrespondierenden Netzhautstellen bekannt sind, durch Konstruktion oder Rechnung genau bestimmt werden. Indes für das Sehen von Doppelbildern hat diese Bestimmung kaum Bedeutung. Denn nicht etwa nur die in den jeweiligen Horopter fallenden Objekte werden einfach gesehen, sondern zahlreiche außerhalb gelegene ebenfalls. Ja, der unbefangene Mensch pflegt von der Existenz von Doppelbildern beim gewöhnlichen Sehen überhaupt nichts zu wissen, während es doch jederzeit möglich ist, sie ihm unter den gleichen äußeren Bedingungen als vorhanden nachzuweisen. Das liegt einerseits daran, daß die Doppelbilder zum großen Teil auf entferntere Teile der Netzhautperipherie fallen und das indirekt Gesehene wenig beachtet und nicht sicher erkannt wird. Dann aber auch daran, daß das eine von zwei Doppelbildern durch den vorhin erwähnten Wettstreit in der Regel unterdrückt wird.

Übung vermag die Fähigkeit, Doppelbilder wahrzunehmen, beträchtlich zu steigern, aber niemals bringt man es dahin, nur das auf genau korrespondierenden Stellen Abgebildete einfach zu sehen. Sowie die Disparität qualitativ gleicher Netzhautbilder eine relativ geringe wird, tritt vielmehr wieder etwas anderes ein: die Dinge erscheinen nicht mehr doppelt, sondern einfach, aber in einer etwas anderen Tiefe als die mit korrespondierenden Stellen gesehenen Objekte. Und zwar werden Eindrücke, deren Netzhautbilder von korrespondierenden Stellen ähnlich abweichen, wie es bei gekreuzten Doppelbildern der Fall ist (Fig. 48), in eine geringere Ferne lokalisiert als das jeweilig Fixierte, und umgekehrt solche, deren Netzhautbilder denen gleichnamiger Doppelbilder entsprechen, in eine größere Ferne. Beides in Übereinstimmung damit, daß wenn Doppelbilder gesehen werden, diese bei objektiv vor oder hinter dem Fixationspunkt liegenden Gegenständen eben in der genannten Weise verschieden sind. Diese Tatsache ist bei weitem die wichtigste des binokularen Sehens; sie erscheint als der eigentliche Zweck, zu dessen Verwirklichung sich die menschliche Art und Weise des Sehens mit zwei Augen allmählich ausgebildet hat. Indes würde eine eingehendere Erörterung des Tiefensehens aus der gegenwärtigen Darstellung der einfachsten und fundamentalen seelischen Phänomene zu weit herausführen; um diese daher nicht zu zerreißen, muß seine weitere Behandlung auf einen späteren Zusammenhang verschoben werden.

Zweifellos fordern die Tatsachen des Einfachsehens und des Sehens von Mischfarben mit korrespondierenden Netzhautstellen zu ihrer Erklärung die Annahme irgend einer engeren Verknüpfung der zugehörigen nervösen Elemente innerhalb der Zentralorgane. Ebendafür sprechen auch andere Gründe. Die von gleichnamigen (d. h. eben korrespondierenden) Netzhauthälften ausgehenden Nervenfasern endigen gemeinsam in demselben Sehhügel, und die sie fort-

setzenden Bahnen in derselben Sehsphäre des Großhirns. Dauernde oder vorübergehende Störungen des Sehens, die auf zerebralen Ursachen beruhen, betreffen stets korrespondierende Stellen des Gesichtsfeldes. So z. B. das Flimmerskotom, eine rasch vorübergehende herumwandernde Blindheit einzelner Netzhautstellen, bei der an Stelle der ausfallenden objektiven Eindrücke subjektiv Flimmererscheinungen gesehen werden. Aber vielumstritten ist nun die weitere Frage, ob jene anatomische Zusammengehörigkeit eine angeborene und daher für jeden Einzelnen ohne sein Zutun gegebene und unveränderliche Einrichtung sei, oder ob sie erst während des individuellen Lebens durch bestimmte Erfahrungen, nämlich durch den Zwang, die Tast- und Gesichtseindrücke in Einklang zu bringen, allmählich erworben werde. Die Antwort kann mit ziemlicher Sicherheit gegeben werden: es ist in gewisser Weise beides der Fall. Die normale oben beschriebene Korrespondenz der Netzhäute ist unzweifelhaft eine angeborene Mitgift jedes Individuums, denn sie zeigt sich bisweilen, wo sie noch gar nicht erlernt sein kann. Gleichwohl ist sie nicht unter allen Umständen maßgebend; in besonderen Fällen kann sie durch den andauernden Zwang widersprechender Erfahrungen auch zurückgedrängt werden, und es kann zur Ausbildung einer Art neuer Korrespondenz, ja sogar bei demselben Individuum zu mehreren neuen Korrespondenzverhältnissen kommen.

Daß es sich so verhält, haben genauere Untersuchungen des gewöhnlichen (sog. muskulären) Schielens gelehrt.[1] Hierbei weicht bekanntlich die Gesichtslinie des einen Auges von der Richtung, die sie bei binokularer Fixation einnehmen würde, stets um einen nahezu konstanten Winkel ab, so daß also ein Gegenstand, dessen Bild in dem fixierenden Auge auf die Netzhautgrube fällt, in dem schielenden stets auf einer bestimmten exzentrischen Stelle abgebildet wird. Gleichwohl sehen solche Schielende durchweg einfach. In vielleicht den meisten Fällen liegt dies daran, daß die Eindrücke des Schielauges, ähnlich wie beim doppeläugigen Mikroskopieren, unterdrückt werden. In anderen Fällen dagegen — und das sind die hier interessierenden — sind unzweifelhaft beide Augen an dem Sehakt beteiligt. Es besteht z. B. ein wenn auch unvollkommenes Tiefensehen. Prismen, vor ein Auge gebracht, rufen Doppelbilder hervor, in ganz denselben Entfernungen voneinander wie bei normal stehenden Augen. Ja, wenn durch eine gelungene Operation die Schielstellung beseitigt und eine normale binokulare Fixation ermöglicht wird, so wird der vorher einfach Sehende jetzt zunächst durch Doppelbilder belästigt, und zwar wieder durch Doppelbilder derselben Art und Entfernung, als ob normale Augen künstlich in eine der beseitigten entgegengesetzte Schielstellung gebracht würden. Erst nach einiger Zeit pflegt sich diese Störung zu verlieren und einer normalen Funktion des Doppelauges Platz zu machen. Es ist kein Zweifel möglich, daß sich in solchen Fällen durch die regelmäßige gleichartige Reizung von ganz bestimmten nichtkorrespondierenden Netzhautstellen eine Art neuer Korrespondenz ausgebildet hat, die nun erst allmählich durch das wieder wirksam werdende angeborene Verhältnis überwunden werden kann.

[1] Alfr. Graefe, Das Sehen der Schielenden. 1897. Bielschowsky, Über monokuläre Diplopie ohne physikalische Grundlage. Graefes Arch. **46**, 1 S. 141; 1898. Die neueren Anschauungen über das Sehen der Schielenden. Klin. Mon.bl. f. Augenhlk. Jahrg. 38; 1900. Tschermak, Über anomale Sehrichtungsgemeinschaft der Netzhäute bei einem Schielenden. Graefes Arch. **48**, 3 S. 508; 1899. Hofmann, Die neueren Untersuchungen über das Sehen der Schielenden. Ergebn. d. Physiol. 1. Jahrg. 2. Abt. S. 801; 1902.

Sehr instruktiv, namentlich für das dauernde Fortbestehen der lange Zeit zurückgedrängten angeborenen Korrespondenz sind Fälle von der Art des folgenden, von Bielschowsky beschriebenen. Ein Schielender erleidet eine so starke Verletzung des fixierenden rechten Auges, daß es operativ entfernt werden muß. Schon einen Tag nach der Operation klagt er über Doppelbilder; jeden Gegenstand, den er mit dem allein vorhandenen Schielauge betrachtet, sieht er links daneben noch einmal, und bei Fixation dieses „Trugbildes" wird der Gegenstand viel deutlicher. Physikalische Ursachen der merkwürdigen Erscheinung sind nicht aufzufinden; auch die Augenspiegelbetrachtung erweist deutlich nur ein Flammenbild auf der Netzhaut. Somit bleibt nur folgende Erklärung. Während der früheren Schielperiode hat der Patient bei rechtsäugiger Fixation eines Gegenstandes mit dem linken Auge daran nach innen vorbeivisiert und eine etwas nasenwärts von seiner Fovea gelegene Netzhautstelle auf das fixierte Objekt eingestellt. Dadurch ist diese allmählich zu einer der rechtsäugigen Fovea korrespondierenden Stelle, zu einer Pseudofovea, geworden. Nach der Operation fährt er zunächst fort so zu sehen; er stellt die Pseudofovea auf den zu betrachtenden Gegenstand ein und sieht diesen dann, infolge ihrer erworbenen Korrespondenz, in der Blicklinie. Zugleich aber wird jetzt die angeborene Korrespondenz der wirklichen linken Fovea lebendig; er sieht mithin in der Blicklinie auch, was sich auf dieser abbildet. In Bezug auf diese foveale Blickrichtung aber erscheint das auf der Pseudofovea, also nasenwärts, Abgebildete im Außenraum natürlich schläfenwärts, d. h. links gelegen, und mithin sieht der Operierte ein und dasselbe Objekt gleichzeitig da, wohin er blickt wie auch links neben der Stelle, wohin er blickt. Will er nun dieses Nebenbild näher betrachten, so bewegt er das Auge um einen entsprechenden Winkel nach links; dadurch empfängt die wirkliche Fovea das optische Bild des Gegenstandes, und dieser erscheint deutlicher.

§ 40. Die Zeitanschauung.

1. Allgemeines.[1] Wie alles andere Dasein verfließt auch unser Seelenleben in der Zeit. Aber wohl zu unterscheiden von dieser objektiven Zeitlichkeit, von dem Kommen und Gehen, dem Dauern und Aufeinanderfolgen unserer Eindrücke und Betätigungen, das auch ein außerhalb stehender Beobachter nachweisen und durch Messung von Assoziationszeiten, Reaktionszeiten u. a. näher studieren kann, ist das subjektive Bewußtsein von Zeit. Indem wir zeitlich verfließende Vorstellungen und Empfindungen haben, erleben wir zugleich Zeitlichkeit als eine ihnen unter manchen anderen anhaftende und dem Draußenstehenden ganz unzugängliche Eigentümlichkeit; wir werden unserer Eindrücke inne als dauernd oder durch Pausen unterbrochen, als gleichzeitig und aufeinander folgend. Wie sehr beides, das Objektive

[1] Mach, Beiträge zur Analyse der Empfindungen. 3. Aufl. S. 185. Lipps, Grundtatsachen des Seelenlebens Kap. 26. Münsterberg, Zeitsinn. Beitr. z. exper. Psychol. II S. 13. James, Principles of Psychology Ch. XV. Ferner die S. 432 Anm. und S. 486 Anm. genannten Arbeiten von Schumann und Meumann, sowie Stern, Psychische Präsenzzeit. Zeitschr. f. Psychol. 13 S. 325; 1897.

und das Subjektive, auseinander fallen kann, zeigt sich, wenn man etwa jemanden zwei Minuten lang auf ein Metronom achten läßt, das halbe Sekunden schlägt, oder wenn man ihn veranlaßt, an die Ereignisse einer dreiwöchigen Reise zurückzudenken, und ihn nach einer halben Minute durch etwas anderes in Anspruch nimmt. In dem gegenwärtigen Zusammenhange nun haben wir es nicht mit den objektiven Zeitverhältnissen des Seelenlebens sondern allein mit dem Zeitbewußtsein zu tun. Welcher Art ist es? Und wie kommt es zustande?

Über den ersten Punkt ist wenig zu sagen. Unsere Zeitanschauung ist ein Kontinuum einer Dimension, d. h. um die zeitlichen Eigentümlichkeiten unserer Erlebnisse in bezug zueinander ausreichend zu beschreiben, genügt eine einzige Angabe. Je nach Umständen haben wir für diese Angabe verschiedene Namen. Die Zeitlichkeit eines bestimmten gleichartigen Erlebnisses, das für uns gerade im Vordergrunde des Interesses steht und durch beliebige andere Inhalte begrenzt wird, bezeichnen wir als seine *Dauer*. Richtet sich dagegen unsere Aufmerksamkeit eben auf die begrenzenden Eindrücke und wird uns die Art des zwischenliegenden Erlebnisses gleichgültig, so bezeichnen wir dieselbe Zeitlichkeit als *Intervall*. Hat dieses Intervall den Wert Null, so reden wir von Gleichzeitigkeit, in allen übrigen Fällen summarisch von Aufeinanderfolge der Eindrücke. Dauer und Intervall sind also sachlich, d. h. als bloße zeitliche Bestimmungen, dasselbe; sie unterscheiden sich lediglich durch die Richtung der Aufmerksamkeit, die ein Mal auf die Grenzen, das andere Mal auf das von ihnen Umschlossene gerichtet ist. „Leere“ Intervalle im eigentlichen Sinne gibt es nicht. Was wir — und zwar ganz zweckmäßig — so nennen, sind Zeiten, die aus andauernd vorhandenen, aber wenig beachteten Gesichts-, Haut-, Organempfindungen, ferner aus Gefühls- und Vorstellungserlebnissen durch andersartige und uns jeweilig allein interessierende Marken herausgeschnitten werden.

Anders als beim Raum werden wir über die Eindimensionalität der Zeit auch durch keinerlei Erfahrungen hinausgeführt und vermögen daher eine reichere zeitliche Mannigfaltigkeit in keiner Weise vorzustellen. Wenn wir mithin metaphorisch von einer Zeitlinie sprechen, so ist diese Linie, wie schon früher bemerkt (S. 450), insofern gänzlich unvergleichbar mit allen räumlichen Gebilden des gleichen Namens, als sie weiter gar keine angebbare Form noch etwas einem Ort Entsprechendes hat.

Die zweite Frage, nach dem Ursprunge der Zeitanschauung, wurde in der Hauptsache schon in den vorausgeschickten allgemeinen Erörterungen (§ 37) erledigt; indes sie möge, wie die entsprechende Frage beim Raum, noch etwas in Einzelheiten verfolgt werden. Ganz wie

dort begegnen wir auch hier mannigfachen Versuchen, unser Zeitbewußtsein nicht als etwas psychisch Letztes und Unableitbares hinzunehmen, sondern es auf andere seelische Erlebnisse zurückzuführen und als etwas Gewordenes zu erklären. Für das Bewußtsein von längeren Zeiten, also etwa von Minuten oder Stunden, ebenso für unsere allgemeinen Vorstellungen von Vergangenheit und Zukunft ist das fraglos richtig; wir gelangen hierzu allmählich durch assoziative Verarbeitung gewisser Erfahrungen und gedankliche Ausweitung von primitiveren zeitlichen Anschauungen. Auch für solche primitiveren Anschauungen aber, wie beispielsweise für die Zeit, die während des Aufblitzens einer Sternschnuppe verfließt, oder das zeitliche Intervall zwischen zwei Pulsschlägen oder zwei Atemzügen, besteht unleugbar eine gewisse Schwierigkeit, sie als direkte Ergebnisse der Einwirkung äußerer Reize aufzufassen. Denn beim Auftreten des ersten Reizes, der zur Abgrenzung eines kleinen zeitlichen Intervalls nötig ist, ist der zweite noch gar nicht da, und von dem Bewußtsein eines Intervalls kann keine Rede sein; beim Auftreten des zweiten aber ist der erste schon wieder verflogen, und von dem unmittelbaren Bewußtsein eines Intervalls, das doch auch dessen Anfangspunkt in einem einheitlichen Akte mit umfaßt, scheint abermals keine Rede sein zu können. Der Gedanke einer besonderen seelischen Vermittelung auch des elementaren und nur wenige Momente einschließenden Zeitbewußtseins wird dadurch in der Tat nahegelegt. Gleichwohl scheinen mir alle Versuche einer konkreten Ausgestaltung dieses Gedankens als gescheitert betrachtet werden zu müssen. Ich erwähne ihrer zwei, die im wesentlichen den Raumtheorien Lotzes und Wundts entsprechen.

An Lotze erinnert die Lippssche Theorie der Temporalzeichen. Als seelische Mittelglieder zwischen den objektiven und subjektiven Zeiten betrachtet sie die von den einzelnen Eindrücken zurückbleibenden und allmählich verblassenden Erinnerungsbilder. „Empfindungen entstehen, tauchen zum Bewußtsein auf, klingen als Erinnerungsbilder nach, entschwinden.“ Wenn nun zwei Empfindungen nacheinander auftreten, so besteht für sie je nach der zeitlichen Distanz zwischen ihren Anfangsmomenten ein anderer und anderer Unterschied der Ablaufsstadien. Dauert ein objektiver Eindruck, so bilden die von den einzelnen Momenten seines Daseins herrührenden Erinnerungsbilder eine stetige Reihe inhaltlich gleicher, aber immer blasserer Erlebnisse. Diese qualitativen Verschiedenheiten werden nun von der Seele in entsprechende zeitliche Anschauungen übersetzt; die verklingenden Erinnerungsbilder werden für sie zu *Temporalzeichen*, auf die sie mit dem Bewußtsein eines gewissen zeitlichen Abstandes oder der stetigen Dauer eines Eindrucks reagiert. Weshalb sie sich so eigenartig ver-

hält, läßt sich nicht weiter erklären; es ist eben eine letzte Tatsache. Man kann nur darauf hinweisen, daß eine andere allgemeine Veranlassung, objektive Zeitverhältnisse in ein subjektives Bewußtsein von ihnen zu verwandeln, für sie nicht existiert.

Die Wundtsche Verschmelzungshypothese kehrt wieder bei Münsterberg. Auch für ihn spielen die Erinnerungsbilder der aufeinander folgenden objektiven Eindrücke eine Rolle für das Zustandekommen des Zeitbewußtseins, aber außerdem kommt es dabei noch wesentlich auf etwas anderes an, nämlich auf *Spannungsempfindungen* infolge von Muskelkontraktionen. Bei unregelmäßiger Aufeinanderfolge von Eindrücken werden reflektorisch mannigfache Muskelspannungen ausgelöst, zunächst in dem gereizten Organ selbst, bei stärkerer Reizung auch überstrahlend auf seine Nachbarschaft. Gibt es z. B. etwas zu sehen, so werden die Augenmuskeln kontrahiert, um fest zu fixieren, der Akkommodationsmuskel, um deutlich wahrzunehmen, der Kopf wird in möglichst günstiger Lage festgehalten, die Stirn gerunzelt, der Atem angehalten oder verändert usw. Ähnlich bei Gehörs- und anderen Reizen. Hört der äußere Reiz auf, so lassen diese Spannungen schnell nach; erwarten wir aber die Wiederkehr ähnlicher Reize, so stellen sich, sogleich mit dem Schwinden der Spannungen für den ersten Reiz, vorbereitende Spannungen für den zweiten ein, die bis zu dessen Eintreten rasch anwachsen. Für gewöhnlich bleiben die von ihnen herrührenden Empfindungen unbemerkt, da unsere Aufmerksamkeit gänzlich den Reizen selbst zugewandt ist. Treten aber aus besonderen Gründen die Spannungsempfindungen und ihre Intensitätsänderungen in den Blickpunkt des Bewußtseins, so „entsteht", ohne daß wir uns freilich dieser Herkunft bewußt sind, „aus ihrer Verbindung mit den abgrenzenden Reizempfindungen unsere Zeitvorstellung". Sie ist, ähnlich wie die Raumvorstellung, „eine Synthese aus der Wahrnehmung der die Zeitteile abgrenzenden äußeren Eindrücke und den an Intensität zu- und abnehmenden Muskelspannungsempfindungen."

Die Mängel der beiden Theorien sind dieselben wie die der entsprechenden Raumtheorien (S. 456). Sie ersetzen einen gewiß rätselhaften Vorgang, die unmittelbare Entstehung eines Zeitbewußtseins aus gewissen Eigentümlichkeiten der äußeren Reize, durch die Behauptung eines anderen nicht minder rätselhaften Vorganges, der nirgendwo sonst glaubhaft nachgewiesen werden kann. Sie berufen sich auf bewußte Zwischenglieder, von denen im allgemeinen, besonders bei der Wahrnehmung sehr kleiner Zeiten, nicht das mindeste zu bemerken ist. Und sie lassen endlich, angesichts unserer sehr unvollkommenen Schätzungsfähigkeit für die verschiedene Blässe von

Erinnerungsbildern oder die verschiedene Stärke von Spannungsempfindungen, die tatsächliche Feinheit unseres Zeitbewußtseins (s. unten) unerklärt.

Natürlich ist damit nicht behauptet, daß die von beiden Theorien herangezogenen Erklärungsmittel in jeder Hinsicht für unser Zeitbewußtsein ohne Bedeutung seien. Aber nicht für seine Entstehung, sondern erst für seine weitere Ausbildung und Erweiterung kommen sie in Betracht. Namentlich die Erinnerungsbilder. Sie vermitteln die gedankenmäßige Vorstellung größerer Zeiträume. Was wir nur lückenhaft und blaß zu reproduzieren vermögen, wird von uns zeitlich weit zurückverlegt; das lebhaft und detailliert Erinnerte dagegen stellen wir vor als Erlebnis der jüngsten Vergangenheit. Eine allgemeinere Bedeutung von Spannungsempfindungen für das Zeitbewußtsein ist höchst fraglich. Immerhin ist es möglich, daß einzelne Individuen bei der Beurteilung und Vergleichung von Zeiträumen in der Länge mehrerer Sekunden sich durch Beachtung ihrer Atemzüge oder Pulsschläge eine gewisse Unterstützung verschaffen. Solcher Hilfsmittel für eine genauere Zeitschätzung gibt es noch manche andere und wichtigere. Sie sind teils individuell verschieden und werden mehr oder weniger absichtlich eingeführt, wie taktierende Fingerbewegungen, rhythmisches Zählen, teils bieten sie sich ungesucht von selbst dar und werden vermutlich ziemlich allgemein benutzt, wie z. B. Schwankungen der Aufmerksamkeit, die durch die Erwartung der aufeinander folgenden Reize hervorgebracht werden. Allein alle derartigen Hilfsmittel des Zeitvorstellens und Zeitbeurteilens, deren eingehendere Erörterung nicht in diesen Zusammenhang gehört, können nur dadurch etwas leisten, daß wir eine unvermittelte Anschauung von Zeit bereits sonstwoher besitzen und über ihre Beziehung zu jenen andersartigen Erlebnissen mannigfache Erfahrungen gesammelt haben. Auf diese Weise werden sie uns allmählich zu Zeitzeichen, aus denen wir auf zeitliche Verhältnisse, die wir entweder überhaupt nicht, oder doch nicht genügend deutlich unmittelbar sinnlich erleben, Rückschlüsse zu machen vermögen.

Über den Ursprung der Zeitanschauung ist somit ganz dasselbe zu sagen, wie über den der Raumanschauung. Ihre letzten Elemente haben keine psychische Vorgeschichte, sondern sind für die Seele etwas ursprünglich und ohne weitere Vermittelung Gegebenes. Wenn äußere Reize auf uns einwirken und vermöge gewisser Besonderheiten in uns ein Bewußtsein von klingenden Tönen oder von bunten und ausgedehnten Farbenfeldern hervorrufen, so bewirken sie in demselben Akt und ebenso unmittelbar vermöge anderer Besonderheiten ein Bewußtsein von zeitlichen Eigenschaften jener Eindrücke, von ihrer

Dauer, Aufeinanderfolge usw. Welchen Umfang dieses elementare und unreflektierte Zeitbewußtsein besitzt, d. h. welche objektive Zeit wir noch unmittelbar und mit empfindungsartiger Lebhaftigkeit zu umfassen vermögen, läßt sich nicht mit völliger Bestimmtheit sagen. Zweifellos mehr als kleinere Bruchteile einer Sekunde, aber äußersten Falls nur wenige ganze Sekunden. Die Zeit, während deren die Uhr zwei oder drei schlägt, hören wir; die Zeit, die sie braucht, um elf oder zwölf zu schlagen, müssen wir gedanklich rekonstruieren. Eine scharfe Grenze zwischen diesen beiden Auffassungsweisen besteht aber nicht; das unmittelbare Zeitbewußtsein wird vielmehr von dem durch die vorerwähnten Hilfsmittel vermittelten erst kaum merklich begleitet, dann mehr und mehr unterstützt und schließlich verdrängt.

Auf welchen Eigentümlichkeiten der nervösen Prozesse es beruht, daß die objektive Zeitlichkeit der äußeren Reize in der Seele ein unmittelbares Bewußtsein von Zeitlichkeit zu erwecken vermag, können wir einstweilen nicht sagen; es wird den Inhalt einer künftigen Theorie des Entstehens der Zeitanschauung bilden. Daß es zunächst gewisse Schwierigkeiten hat, sich zu denken, ein objektiv zeitlich ausgedehnter Vorgang rufe seelisch einen das Ganze umfassenden, aber doch zugleich einheitlichen und keineswegs ebenso ausgedehnten Eindruck hervor, wurde schon bemerkt. Allein, wenn man sich früher erwähnter Tatsachen des nervösen Geschehens erinnert, wie der Summation der Reize (S. 113) und der Bahnung von Reflexen (S. 142), erscheint die Sache doch nicht so schwer begreiflich. Nervöse Prozesse verschwinden nicht momentan wieder mit den äußeren Reizen, die sie hervorriefen, sondern gleichen sich erst allmählich wieder aus. Sie hinterlassen für kurze Zeit gewisse Nachwirkungen, die sich zwar nicht an und für sich und direkt, aber doch mit aller Sicherheit indirekt dadurch zu erkennen geben, daß sie die Effekte von später einwirkenden Reizen etwas verändern. Das nervöse Geschehen jedes Moments wird also mitbedingt von den sämtlichen Vorgängen, die während der unmittelbar zurückliegenden Vergangenheit hervorgerufen wurden und nun in verschiedenen Stadien allmählich abklingen. Es ist somit ein anderes, wenn ein bestimmter Reiz bereits eine Weile angedauert hat, als wenn er erst eben auftritt, ein anderes, wenn der Reiz in kurzen Intervallen wiederholt wird, als wenn dies in längeren Intervallen geschieht. Sind nun aber die nervösen Prozesse andere, so muß dasselbe von den ihnen entsprechenden psychischen Erlebnissen gelten, und man wird sich also denken können, daß die unmittelbar empfundenen zeitlichen Eigentümlichkeiten unserer Eindrücke eben die bewußte Spiegelung der Veränderungen sind, welche die zu-

gehörigen Nervenprozesse durch die allmählich verklingenden Nachwirkungen der unmittelbar vorangegangenen Prozesse erleiden. Die Sache verhält sich ähnlich wie nach der Lippsschen Theorie, nur daß die zuweit gehende Behauptung eines seelischen Hervortretens jener Nachwirkungen in bewußten Erinnerungsbildern hier vermieden ist.

2. Besonderes.[1] Hinsichtlich der Abhängigkeit unserer Zeitanschauung von den sie verursachenden objektiven Zeiten sind ähnliche Fragen zu stellen wie bei der Raumanschauung. Welche objektiven Zeiten kommen uns eben als Dauer und als Intervall zum Bewußtsein? Bei welchen objektiven Differenzen vermögen wir Unterschiede des Andauerns oder der Intervalle eben als solche zu bemerken? Welche Unterschiede bestehen in diesen Hinsichten etwa auf den verschiedenen Gebieten unseres Empfindens? Dabei handelt es sich hier nur um die elementarsten Verhältnisse, wennschon eine scharfe Grenze gegen das vermittelte Zeiturteil, wie vorhin bemerkt, nicht gezogen werden kann.

1). Die Frage nach der kleinsten objektiven Zeit, die wir noch als Dauer eines Vorgangs zu bemerken vermögen, läßt sich, ähnlich wie beim Raum, in solcher Allgemeinheit nicht bestimmt beantworten. Denn wegen des vorhin erwähnten allmählichen Abklingens der nervösen Erregung (zum Teil auch aus anderen Gründen) ruft selbst der kürzeste objektive Reiz noch einen als dauernd empfundenen Eindruck hervor, falls er nur stark genug ist. Auf einzelnen Empfindungsgebieten, namentlich beim Auge, ist diese zeitliche Dehnung recht beträchtlich; aber auch anderswo macht sie sich oft sehr bemerklich, wie jedermann von dem Dröhnen eines Hammerschlages oder dem ziehenden Schmerz eines schnellen Stiches her bekannt ist.

2). Für das kleinstmerkliche Intervall zwischen zwei Eindrücken ergeben sich anscheinend außerordentlich geringe Werte auf den

[1] Von älteren Arbeiten sind noch erwähnenswert: Mach, Über den Zeitsinn des Ohres. Ber. d. Wiener Akad. Math.-nat. Kl. **51** Abt. 2 S. 143; 1865. Vierordt, Der Zeitsinnn nach Versuchen; 1868. S. Exner, Untersuchung der einfachsten psychischen Prozesse. Pflügers Archiv **11** S. 403; 1875. — Von neueren kommen wesentlich in Betracht: Schumann, Über die Schätzung kleiner Zeitgrößen. Zeitschr. f. Psychol. **4** S. 1; 1892. Zur Schätzung leerer, von einfachen Schalleindrücken begrenzter Zeiten. Ebda **18** S. 1; 1898 (abgedr. Psychol. Stud. 2. Abt. S. 63). Meumann, Beiträge zur Psychologie des Zeitsinns. Philos. Stud. **8** S. 431, **9** S. 264, **12** S. 127; 1893—1896. Alice Hamlin, On the Least Observable Interval between Stimuli addressed to Disparate Senses. Amer. Journ. of Psychol. **6** S. 564; 1895. Weyer, Die Zeitschwellen gleicher und disparater Sinneseindrücke. Philos. Stud. **14** S. 616 und **15** S. 67; 1899. Hüttner, Zur Psychologie des Zeitbewußtseins bei kontinuierlichen Lichtreizen. Martius' Beitr. zur Psychol. **1**, 3 S. 367; 1902. Wrinch, Philos. Stud. **18** S. 300; 1903.

Gebieten des Tast- und Gehörssinnes. Die Vibrationen einer zwischen den Fingern gehaltenen oder fest auf die Haut gedrückten Stimmgabel z. B. empfindet man noch als solche bei einer Anzahl von 400 und mehr in der Sekunde. Eine Zahl derselben Größenordnung erhielt Exner und in neuerer Zeit Weyer für die kleinste Zwischenzeit, bei der zwei elektrische Funken noch getrennt gehört werden können, nämlich rund $^1/_{500}$ Sekunde. Allein in Wahrheit gehören diese Werte nicht hierher. Sie sind nicht Schwellenwerte für das erste Auftreten der zeitlichen Eigentümlichkeiten, Sukzession oder Intervall, sondern vielmehr für das Auftreten gewisser qualitativer Modifikationen, wie Rauhigkeit und Knistern, durch die sich die Empfindungen bei diskontinuierlicher Reizung von der Glätte kontinuierlicher Eindrücke unterscheiden. Das bestimmte Bewußtsein eines minimalen Intervalls hat man erst bei viel größeren objektiven Zeiten, etwa bei $^1/_{50}$—$^1/_{80}$ Sekunde, und ist auch erst bei derartigen Werten zu einer Angabe imstande, welcher von zwei verschiedenen Eindrücken der frühere, welcher der spätere sei. Bei starkem Nachklingen (oder langsamem Anklingen) der Erregungen sind die erforderlichen Zwischenzeiten naturgemäß noch größer, denn was den begrenzenden Empfindungen an subjektiver Dauer zugeht, geht dem Intervall ab. Gesichtseindrücke selbst von geringer Stärke treten daher erst bei einer Zwischenzeit von etwa $^1/_{20}$ Sekunde (bei Dunkeladaptation gar erst von $^1/_{10}$ Sekunde) zeitlich auseinander.

Von Interesse bei dieser Intervallwahrnehmung sind gewisse konstante Differenzen der erforderlichen objektiven Zeiten, falls die das Intervall begrenzenden Eindrücke verschiedenen Empfindungsgebieten angehören. Die Aufeinanderfolge Geräusch — Funke z. B. wird schon bei einer beträchtlich geringeren Zwischenzeit erkannt als die Folge Funke — Geräusch, ebenso die Aufeinanderfolge Geräusch — Tasteindruck eher als die umgekehrte Folge. Ganz entsprechend werden auch bei objektiver Gleichzeitigkeit disparater Eindrücke beide nicht als gleichzeitig wahrgenommen, sondern in eine gewisse Folge auseinander gezogen. Zum Teil haben diese Verschiebungen rein äußerliche Ursachen: die Gesichtseindrücke klingen langsamer an und ab als die Gehörseindrücke; bei Tasteindrücken, wenigstens an den Fingerspitzen, bewirkt die größere Länge der Leitungsbahn eine Verspätung. Zugleich aber spielt hier noch ein anderer Faktor eine Rolle, nämlich die verschiedene Stärke der Aufmerksamkeit, mit der die begrenzenden Empfindungen erwartet werden. Wie sich direkt experimentell hat feststellen lassen, erfährt der Eintritt eines Eindrucks in das Bewußtsein durch vorherige Richtung der Aufmerksamkeit auf ihn eine kleine Beschleunigung. Da nun die Empfindungen verschiedener Sinnesgebiete

uns nicht alle in der gleichen Weise in Anspruch nehmen, so wird ihnen je nach ihrer Art und auch je nach Verschiedenheit der Individualitäten diese Begünstigung in verschiedenem Maße zu teil, und ihre subjektive Aufeinanderfolge verschiebt sich etwas gegen die objektive. Hierher gehört auch (zum Teil) der bekannte Chirurg, der bei einem Aderlaß erst das intensiv erwartete Blut springen sieht und dann erst das nebensächliche Geräusch des Schneppers hört.

3). Sehr zahlreiche Untersuchungen sind der Feststellung unserer Unterschiedsempfindlichkeit für zeitliche Intervalle gewidmet worden. Am zweckmäßigsten werden dazu kontinuierlich andauernde Empfindungen, z. B. Helligkeiten oder Geräusche, benutzt, die man scharf abgegrenzte Intervalle von verschiedener Länge ausfüllen läßt. Man hat so gefunden, daß Zeiten von ungefähr $^1/_2$ Sekunde an aufwärts bis zum Umfange von etwa 2 Sekunden bei einer Differenz von $^1/_{10}$—$^1/_{20}$ ihres objektiven Wertes eben als verschieden erkannt werden können. Der kleinste erkennbare Unterschied bildet annähernd immer den gleichen Bruchteil der Hauptzeit; jedoch so, daß er in der Gegend von etwa 1 Sekunde ein deutliches Minimum, die Beurteilung des Unterschiedes also ihre größte Genauigkeit erreicht.

Die ersten und überwiegend meisten Untersuchungen dieser Art hat man mit sogenannten leeren Zeiten angestellt, in dem irrigen Glauben, daß man es bei diesen mit einer besonders „reinen" zeitlichen Beurteilung zu tun habe. Allein wie sich mehr und mehr gezeigt hat, gewinnen dann komplizierende Momente Einfluß auf das Zeiturteil und führen zu Resultaten, die nur für besondere Fälle gültig sind. Unter Umständen z. B., namentlich wenn das zu vergleichende Intervall nicht bloß passiv beurteilt, sondern durch eine Taktierbewegung aktiv reproduziert wird, zeigt sich ein charakteristischer konstanter Fehler. Kleinere Intervalle werden durchschnittlich etwas zu groß wiedergegeben, größere etwas zu klein, und irgendwo in der Mitte, meist in der Gegend von 0,6—0,7 Sekunden, erfolgt die Beurteilung oder Wiedergabe vollständig fehlerlos. Es zeigt sich also eine Tendenz, die beurteilten Zeiten von beiden Seiten einer gewissen mittleren Größe anzunähern, nämlich einer Größe, die von uns als ein bequemes Intervall empfunden wird. Bei mehrfacher Wiederholung ferner von Intervallen und Reproduktionsbewegungen wächst die Genauigkeit der Wiedergabe sehr beträchtlich: einer Anzahl von gleichmäßig wiederkehrenden Metronomschlägen z. B. vermag man fast isochron mit Markierbewegungen zu folgen. Namentlich aber wird durch das Fehlen einer bestimmten Empfindungsausfüllung die Aufmerksamkeit gegen die eigentliche Absicht stark auf die die Intervalle abgrenzenden Reize gelenkt, und dadurch je nach deren Be-

schaffenheit oder nach der Individualität des Beobachters das Urteil verschieden beeinflußt. In einer Folge von stärkeren Schlägen z. B. rücken einerseits die einzelnen Glieder vermöge der mehrerwähnten Nachwirkung stärkerer Erregungen näher aneinander, und die zwischen ihnen liegenden Intervalle erscheinen kürzer als bei schwächeren Schlägen. Andererseits aber erscheint die stärkere Reihe als etwas Volleres und Inhaltreicheres, die schwächere vergleichsweise leer und arm, und daher werden unter Umständen die Intervalle der ersten auch wieder länger als die der zweiten. Ähnlich, wenn in einer Mehrheit intervallbegrenzender Reize immer nur einzelne sich durch größere Intensität von den anderen unterscheiden. Entweder der stärkere Reiz bewirkt eine gewisse Überraschung, und das von ihm abgeschlossene Intervall wird für kürzer gehalten als die übrigen. Oder die Reihe wird rhythmisch aufgefaßt; das mit dem stärkeren Reiz schließende Intervall erscheint als das herrschende oder als durch einen größeren Kraftaufwand hervorgebracht und wird dadurch verlängert.

Die Vergleichung von leeren mit kontinuierlich oder diskontinuierlich ausgefüllten Intervallen (anders ausgedrückt, von bloßen Intervallen mit kontinuierlichen oder intermittierenden Eindrücken) ist wegen der dabei erforderlichen verschiedenen Richtung der Aufmerksamkeit (S. 481) sehr schwierig. Man bedient sich zur Lösung der Aufgabe aller möglichen Hilfen und Nebenvorstellungen, und die Resultate fallen daher je nach Umständen und Individuen ziemlich verschieden aus. Immerhin kann nach Untersuchungen Meumanns als feststehend betrachtet werden, daß bei kleineren Zeiten bis zum Umfange einiger Sekunden Intervalle, die mit irgendwelchen diskontinuierlichen Empfindungen ausgefüllt sind, beträchtlich länger erscheinen als leere Intervalle. Die Überschätzung wächst bis zu einer gewissen Grenze mit der Anzahl der ausfüllenden Eindrücke, ist aber bei ganz kontinuierlicher Ausfüllung wieder etwas geringer.

§ 41. Bewegung und Veränderung.

1. Bewegung.[1] Von einem Bewußtsein von Bewegungen war bisher bereits zweimal die Rede, nämlich von dem Bewußtsein der Bewegungen, die wir aktiv mit unseren Gliedern ausführen, also z. B. der Arm- und Beinbewegungen, sowie von dem der Bewegungen des

[1] S. Exner, Über das Sehen von Bewegungen. Wiener Sitz.-Ber. 72 Abt. 3 S. 156; 1875. Aubert, Die Bewegungsempfindung. Pflügers Arch. 39 S. 347 und 40 S. 459; 1886 u. 1887. Stanley Hall and Donaldson, Motor Sensations on the Skin. Mind. 10 S. 557; 1885. L. W. Stern, Die Wahrnehmung von Bewegungen vermittelst des Auges. Zeitschr. f. Psychol. 7 S. 321; 1894.

Kopfes (§ 32 und 33). Indes wurde gleich damals schon darauf hingewiesen (S. 385 und 408), daß diese Eindrücke ursprünglich und vor aller Erfahrung nichts von Bewegung im eigentlichen Sinne, nämlich als einem räumlichen Vorgang, enthalten, und daß sie daher auch nur übertragenerweise als Bewegungsempfindungen bezeichnet werden können. An und für sich sind sie lediglich Erlebnisse eigenartiger qualitativer Veränderungen, vergleichbar etwa dem, was man beim Schlucken empfindet, und erst infolge anderweitiger mit ihnen verbundener Erfahrungen werden sie allmählich assoziativ räumlich gedeutet. Mit diesen anderweitigen Erfahrungen nun, die die letzte Empfindungsgrundlage des Bewegungsbewußtseins bilden, mit der unmittelbaren sinnlichen Anschauung von Bewegung als einer Raumveränderung haben wir uns hier zu befassen.

Die Eindrücke, an denen wir ihr begegnen, sind natürlich eben die, an denen Räumlichkeit überhaupt vorkommt, nämlich die Gesichts- und Hautempfindungen. Teils sehen wir also Bewegungen im eigentlichen Sinne, wie das Tanzen der Schneeflocken, das Fließen des Wassers, den Flug der Vögel, teils werden wir ihrer durch den Tastsinn inne, wie beim Herunterrieseln des Schweißes von der Stirn, dem Dahinlaufen eines Insektes über die Hand, dem Gekämmtwerden, Gestreicheltwerden usw. Aber obschon so die Bewegungsanschauung durchaus Räumlichkeit voraussetzt und etwas an sie Gebundenes bildet, läßt sie sich doch nicht etwa aus ihr oder aus einer Art Vereinigung der Raum- und Zeitanschauung ohne Rest ableiten und deduzieren. Sie ist keineswegs identisch mit dem sie in der Regel allerdings begleitenden Bewußtsein, daß sich ein gleicher Empfindungsinhalt zu verschiedenen Zeiten an verschiedenen Orten befindet, sondern außerdem enthält sie noch etwas Anderes und darüber Hinausgehendes, nämlich das nicht weiter zurückzuführende und abzuleitende Bewußtsein eines räumlichen Überganges, des kontinuierlichen Durchlaufens einer Raumstrecke. Dieses Bewußtsein aber ist in Fällen, wie den eben erwähnten, nicht etwa ein bloßer Gedanke, ein auf Überlegungen beruhender Schluß, sondern eine unmittelbare und eigenartige sinnliche Anschauung, ebenso unvermittelt und sinnlich lebhaft wie die gleichzeitigen Empfindungen von Farbe und Berührung. Das ist der eigentliche und bleibende Sinn der berühmten Beweise des Eleaten Zeno gegen die Bewegung, daß wir in ihr eine ursprüngliche Anschauungstatsache anzuerkennen haben und sie nicht durch eine Summierung von beliebig vielen Orten und Momenten in einer begreiflichen Weise gleichsam hervorbringen können. Man kann sich ganz gut denken, daß es Wesen gäbe, die, mit unserer Raum- und Zeitanschauung ausgestattet, das sukzessive Aufspringen eines gleichartigen Eindrucks

an verschiedenen Orten vollkommen gut wahrzunehmen vermöchten, die aber von Bewegung als einem Hindurchgehen durch die zwischenliegenden Räume keine Ahnung hätten.

Natürlich haben wir unter Umständen auch bloß Gedanken von stattgehabten Bewegungen oder machen Schlüsse auf sie, wie wir ja jeden Empfindungsinhalt auch in Vorstellungen abzubilden vermögen. Daß sich der Sekundenzeiger einer Uhr und ein Wagen auf der Straße bewegt, oder daß sich der Mond und die vom Sturm getriebenen Wolken gegeneinander bewegen, sehen wir. Aber die Bewegung des Stundenzeigers der Uhr, die scheinbaren Bewegungen von Sonne, Mond und Sternen um die Erde, das Fortrücken der Gletscher, die Hebungen der Kontinente usw., das alles sehen wir nicht mehr im eigentlichen Sinne, sondern wir denken es uns und erschließen es, indem wir durch bestimmte Eigentümlichkeiten des unmittelbar Gesehenen dazu veranlaßt werden. Die Möglichkeit aber, solche Gedanken zu entwickeln, und der ganze Sinn, den wir mit ihnen verbinden, beruht allein darauf, daß wir zunächst und ursprünglich die unmittelbare Anschauung von Bewegung besitzen. Gerade so wie die Vorstellung eines Jahres für uns auch nur möglich ist und einen Inhalt hat, weil wir an der Dauer weniger Sekunden immer wieder anschaulich erleben, was Zeit eigentlich bedeutet.

Wie diese Überlegung, so wurde auch ein weiterer Beweis für die Ursprünglichkeit der Bewegungsanschauung oben (S. 439) schon berührt. Um zwei auf die Haut gesetzte Spitzen als verschieden zu erkennen, müssen diese auf den verschiedenen Hautstellen je eine bestimmte Minimalentfernung voneinander haben. Werden die Spitzen nicht gleichzeitig, sondern nacheinander aufgesetzt, so kann diese Entfernung bedeutend verringert werden, etwa auf $^1/_3$ der in dem ersten Falle nötigen Größe. Am allerkleinsten aber kann sie sein, wenn es sich darum handelt, die Bewegung einer Spitze über die Haut zu erkennen; es braucht dazu nur etwa $^1/_4$ der Strecke durchlaufen zu werden, die für die Sonderung zweier gleichzeitig einwirkenden ruhenden Spitzen erforderlich ist. Ähnlich beim Auge im indirekten Sehen, wenigstens bei mittleren und größeren Helligkeiten. Hier beträgt gleichfalls der Umfang einer eben merkbaren Bewegung etwa nur den vierten Teil der kleinsten Trennungsbreite für die gesonderte Wahrnehmung ruhender Eindrücke. Wir haben also das Erlebnis Bewegung unter Umständen schon, wenn wir Anfangs- und Endlage der objektiv durchlaufenen Strecke auf keine Weise subjektiv zu sondern vermögen, folglich kann jenes Erlebnis nicht aus einem Bewußtsein verschiedener Raumlagen und daran sich knüpfenden Überlegungen entstanden sein.

Worin die Bewegungsanschauung ihrem Inhalte nach besteht, bedarf kaum eines Wortes. Da sie Raum und Zeit voraussetzt, sind natürlich auch räumliche und zeitliche Bestimmungen an ihr zu unterscheiden, in jener Hinsicht also *Ausdehnung* und *Richtung*, in dieser *Dauer*. Das eigentlich Charakteristische aber ist die Beziehung der beiden zueinander: der Raum, der in einer bestimmten Zeit (der Zeiteinheit) durchlaufen wird, d. h. die *Geschwindigkeit*, oder deren reziproker Wert: die Zeit, die zum Durchlaufen eines bestimmten Raumes gebraucht wird.

Die äußere Ursache für die Entstehung der Bewegungsanschauung ist das sukzessive Auftreten eines gleichen Eindrucks an zwei benachbarten Stellen des Raumes. Erforderlich ist dabei, daß die Aufeinanderfolge mit einer gewissen mittleren Geschwindigkeit geschehe, nicht zu schnell und nicht zu langsam. Sonst hat man entweder zwei völlig getrennte Eindrücke, wie z. B. bei zwei verschiedenen Stellungen der Sonne und der Gestirne, aus denen dann etwa eine Bewegung gedanklich erschlossen wird, oder (infolge des Nachklingens der Erregung) den Eindruck eines ruhenden Gegenstandes von einer gewissen Breite, wie bei vibrierenden Stäben. Nicht unbedingt erforderlich ist dagegen, wenigstens für die Bewegungsanschauung des Auges, daß die Lageveränderung des äußeren Gegenstandes auch wirklich objektiv durch eine Bewegung, durch das Durchlaufen des zwischenliegenden Raumes, hervorgebracht werde. In den meisten Fällen wird es sich so verhalten, indes es gibt Ausnahmen. Wenn man von einem Gegenstand durch Fixieren eines zu nahen oder zu fernen Punktes Doppelbilder hervorruft und dann abwechselnd das eine oder das andere Auge schließt, so bewegt sich der Gegenstand anscheinend zwischen den beiden Lagen der Doppelbilder hin und her, obwohl objektiv alles in Ruhe bleibt. Ebenso bei den bekannten stroboskopischen Erscheinungen. Den Augen werden hier in rascher Folge verschiedene Stellungen eines Objektes gezeigt, und der Eindruck ist der einer kontinuierlich durch diese Stellungen hindurchgehenden Bewegung. In anderen Fällen sieht man andere Bewegungen als die objektiv vor sich gehenden, z. B. bei der Drehung eines Korkziehers um seine Längsachse oder einer Spirale um ihren Mittelpunkt.

Nähere Untersuchungen über das Sehen von Bewegungen verdanken wir namentlich Aubert. Dieser fand, daß ein bewegtes Objekt unter günstigsten Umständen und bei direkter Betrachtung eine Geschwindigkeit von 1—2 Winkelminuten in der Sekunde haben müsse, um sozusagen sofort als bewegt wahrgenommen zu werden. Bei geringerer Geschwindigkeit bedarf es erst einer gewissen Dauer der Betrachtung, um die Bewegung zu erkennen. Zu den begünsti-

genden Umständen gehört besonders das gleichzeitige Vorhandensein von ruhenden Objekten im Gesichtsfelde und namentlich in der Nähe des bewegten Gegenstandes. Zwar wird Bewegung auch dann noch erkannt, wenn in dem vollständig verdunkelten Gesichtsfelde weiter nichts zu sehen ist als ein isolierter leuchtender Punkt, aber dieser muß sich dann eben viel schneller bewegen, als sonst erforderlich ist. Der Grund hierfür scheint darin zu liegen, daß ein einzelnes bewegtes Objekt reflektorisch die Augen mit sich zieht, und daß die Empfindlichkeit für diese Augenbewegungen, aus denen auf Objektbewegungen geschlossen wird, eine relativ stumpfe ist (S. 384). Eben hierauf beruht es im wesentlichen auch, daß ein bewegtes Objekt viel rascher bewegt erscheint, wenn man es an dem ruhenden Auge vorüberziehen läßt, als wenn man ihm mit dem Blicke folgt. An den Speichen eines sich drehenden Rades, an den vorüberfliegenden Telegraphenstangen bei einer Eisenbahnfahrt oder den Pflastersteinen bei einer Wagenfahrt kann man dies sehr schön beobachten. Richtet man den Blick abwechselnd fest auf einen relativ zum Auge ruhenden Punkt und auf den bewegten Gegenstand selbst, so scheint sich dieser im ersten Fall annähernd doppelt so schnell zu bewegen wie im zweiten.

Im indirekten Sehen nimmt die Bewegungsempfindlichkeit mehr und mehr ab, je weiter man sich von der Mitte des Gesichtsfeldes nach seinen Rändern entfernt. Indes erfolgt diese Abnahme wesentlich langsamer als die Verringerung der Sehschärfe für ruhende Objekte. Es wird daher, wie vorhin schon erwähnt, im peripheren Gesichtsfelde das Durchlaufen einer Strecke bereits deutlich als Bewegung erkannt, wenn eine mehrfach größere Strecke als Entfernung zwischen ruhenden Punkten noch nicht wahrgenommen wird. Darauf beruht es, daß man, um sich bemerklich zu machen, Hüte und Tücher schwenkt, gestikuliert, Fahnen aufsteckt u. dergl., dagegen um unbemerkt zu bleiben, sich regungslos verhält oder sich doch nur sehr langsam bewegt.

Über den Bewegungssinn der Haut existiert eine sorgfältige Untersuchung von Hall und Donaldson, aus der folgendes erwähnt werden möge. Wird eine kleine leicht gleitende Fläche unter konstantem Druck und mit gleichförmiger Geschwindigkeit über die Haut bewegt, so ist das Erkennen einer Bewegung ziemlich unabhängig von der Geschwindigkeit und hängt hauptsächlich ab von der Größe der durchlaufenen Strecke. Am Vorderarm wurde beispielsweise die Bewegung nach Zurücklegung von durchschnittlich 6 mm empfunden, wobei die Geschwindigkeit von Bruchteilen eines Millimeters bis zu 15 mm in der Sekunde variiert werden konnte. Daß diese zum Erkennen einer Bewegung erforderlichen Minimalstrecken ausnahmslos viel kleiner

sind als die Durchmesser der Empfindungskreise an den betreffenden Hautstellen, wurde schon bemerkt. Bewegungen in der Längsachse eines Gliedes aufwärts (d. h. nach dem Kopf zu gerichtet) werden nach Zurücklegung einer kürzeren Strecke erkannt als Bewegungen abwärts. In Zweifelsfällen wird daher eine Bewegung auch eher für aufwärts als für abwärts gerichtet gehalten. Berührung von Temperaturpunkten, sowie Verstärkung des Drucks der kleinen Fläche auf die Haut erleichtern das Erkennen von Bewegungen in hohem Grade.

Ähnlich wie das Sehen ruhender Gegenstände ist auch das Sehen von Bewegungen mit Nachbildern verbunden, den sog. Bewegungsnachbildern.[1] Hat man z. B. während einer Eisenbahnfahrt längere Zeit auf die rasch vorüberfliegenden Felder in der Nähe des Bahnkörpers geblickt, so bewegt sich nach dem Anhalten des Zuges auf einer Station der Bahnsteig mit den darauf befindlichen Personen langsam nach vorn, also entgegengesetzt der vorhergesehenen Bewegung. Bei dem Hindurchfahren eines Zuges durch einen Tunnel ist nichts leichter, als sich einzubilden, daß man in entgegengesetzter Richtung fahre, weil man statt der sonst über die Fahrtrichtung orientierenden äußeren Gegenstände jetzt deren entgegengesetzt ziehende Bewegungsnachbilder erblickt. Sehr schön ist die Erscheinung auch bei Wasserfällen zu beobachten. Wirft man nach längerer Betrachtung des Falles einen Blick auf die Umgebung, so scheinen an der Stelle des Gesichtsfeldes, die vorher das Wasser einnahm, die Felsen und Sträucher wie von einer inneren Gewalt langsam nach oben gezogen zu werden, ohne daß sie doch natürlich ihren Zusammenhang mit der ruhenden Umgebung verlieren. Dreht man eine Spirale um ihren Mittelpunkt entgegengesetzt dem Sinne ihrer eigenen Windung, so sieht man aus ihrer Mitte Kreise hervorkommen, die größer werdend zur Peripherie hin verlaufen und dort verschwinden. Fixiert man nun nach längerem Anschauen einer solchen Spirale eine Stelle eines weißen Kartons, so scheint diese von allen Seiten nach ihrer Mitte zusammenzuschrumpfen. Allemal also besteht das Bewegungsnachbild in einer der erstgesehenen Bewegung entgegen gerichteten Scheinbewegung, die aber zugleich wesentlich langsamer verläuft als jene. Bei Steigerung der Bewegungsgeschwindigkeit des Vorbildes wächst auch und zwar proportional dazu die Geschwindigkeit des Nachbildes, sofern nur durch die größere Schnelligkeit die Einzelheiten des Vorbildes nicht verwischt werden. Gleichfalls wächst die Nachbildgeschwindigkeit mit der Anzahl der Reize des Vorbildes in der Zeiteinheit sowie mit ihrer Deutlichkeit.

Eine Erklärung der Erscheinung durch unbewußt bleibende Augenbewegungen, an die man gedacht hat, ist offenbar unmöglich. Denn das Bewegungsnachbild ist immer auf die Stelle des Gesichtsfeldes beschränkt, die das Vorbild einnahm, während Augenbewegungen das ganze Gesichtsfeld in Mitleidenschaft ziehen würden. Auch können Augenbewegungen nicht in allen möglichen Richtungen gleichzeitig erfolgen, wie man sie doch bei den Schrumpfungsbewegungen in dem Versuch mit der Spirale erblickt. Eine im wesentlichen schon von

[1] Plateau, Vierte Notiz über neue sonderbare Anwendungen des Verweilens der Eindrücke auf die Netzhaut. Poggend. Ann. 80 S. 250; 1850. Oppel, Über eine eigentümliche noch wenig bekannte Reaktionstätigkeit des menschlichen Auges. Ebda. 99 S. 540; 1856. Mach, Lehre von den Bewegungsempfindungen. S. 59 f.; 1875. Eingehende neuere Darstellung von Szily, Bewegungsnachbild und Bewegungskontrast. Zeitschr. f. Psychol. 38 S. 81; 1905.

Joh. Müller (Handb. d. Physiol. II S. 365) gegebene und auch von Wundt vertretene Erklärung ist diese. Wird ein Körper mit reihenförmig bewegten Teilen längere Zeit betrachtet, so verschwinden auch die von ihm hinterbleibenden Nachbilder der Reihe nach und würden an und für sich den Eindruck einer Fortdauer jener Bewegung hervorbringen. Da sie nun aber im allgemeinen nur schwach und undeutlich sichtbar sind, so muß ihr Vorbeiziehen den Schein erwecken, als ob der ruhende Gegenstand, auf den der Blick gerichtet ist, sich in entgegengesetzter Richtung bewege. Allein hierbei bleibt unklar, weshalb die in der ursprünglichen Bewegungsrichtung ziehenden Nachbilder nicht unter günstigen Umständen auch einmal direkt zur Wahrnehmung gelangen und also ein dem Vorbild gleichgerichtetes Bewegungsnachbild liefern. Vielleicht verhält sich die Sache so wie Mach annimmt, daß die Bewegung eines Netzhautbildes einen besonderen Prozeß hervorruft, der in der Ruhe nicht vorhanden ist und der nach dem Aufhören der objektiven Reizung für eine kleine Weile in einen antagonistischen Prozeß umschlägt.

2. Veränderung.[1] Was für Bewegung im besonderen gilt, gilt für Veränderung im allgemeinen. Auch sie wird unter Umständen durch Vergleichung verschiedener Zustände oder durch Ausdeutung gewisser Zeichen eines einzelnen Wahrnehmungsinhalts bloß erschlossen; so bei den Helligkeitsänderungen mancher Sterne, bei den Temperaturänderungen von einem Tage auf den anderen, bei dem Welken der Blätter, dem Altern der Menschen, der Umwandlung der Arten, oder wenn man aus Aschenresten auf eine Zerstörung durch Feuer, aus Schrammen im Felsboden auf den Rückgang einer ehemaligen Vergletscherung schließt. Aber um so durch Vergleichungen und Überlegungen erschlossen und vorgestellt werden zu können, muß sie irgendwo einmal ohne alles das, als etwas Ursprüngliches und Letztes erlebt werden. Wie sollte die Seele sonst auf den Gedanken kommen, daß die Verschiedenheit zeitlich getrennter Zustände, die in den genannten Fällen allein das zunächst Gegebene ist, durch jene Kontinuität des Überganges aneinander gebunden sei, die wir doch meinen, wenn wir von Veränderung reden?

In der Tat begegnen wir einem solchen unmittelbaren Erlebnis auf allen Empfindungsgebieten. Was Temperaturveränderung eigentlich ist, erfahren wir ohne jede Vermittlung von Reflexion in direkter sinnlicher Anschaulichkeit bei der Annäherung an einen brennenden Ofen oder bei dem Aufsteigen der Schamröte, was Helligkeitsänderung, bei dem Hoch- und Niederschrauben einer Lampe oder dem Flackern eines Lichtes. Das Gehör liefert uns Tonveränderungen in dem kontinuierlichen An- und Abschwellen oder Herauf- und Heruntergehen

[1] St. Hall and Motora, Dermal Sensitiveness to Gradual Pressure Changes. Am. Journ. of Psych. 1 S. 72; 1887. G. M. Stratton, Wahrnehmung von Druckänderungen bei verschiedenen Geschwindigkeiten. Philos. Stud. 12 S. 525; 1896. L. W. Stern, Psychologie der Veränderungsauffassung; 1898.

von Tönen bei Geigen und Pfeifen, bei schnellfahrenden Lokomotiven und dem Heulen des Windes. Weiter gehört hierher die Veränderung der kinästhetischen Empfindungen bei Bewegungen unserer Glieder, das Schwerer- und Leichterwerden von Lasten, das An- und Abschwellen von Schmerzen, das Übelwerden und Wiederwohlwerden usw.

Der allgemeine Inhalt der Veränderungsanschauung bedarf, wie bei der Bewegung, wieder kaum der Erwähnung. Sofern die Empfindungsverschiedenheiten, die durch sie sozusagen miteinander verbunden werden, größer oder geringer sind und in einer bestimmten oder in der entgegengesetzten Reihenfolge auftreten, hat die Veränderung *Umfang* und *Richtung*, sofern sie in der Zeit verläuft, hat sie *Dauer*. Das Charakteristische ist aber wieder das Verhältnis dieser beiden Bestimmungen zu einander: der Umfang, den die Veränderung in der Zeiteinheit erreicht, d. h. ihre *Geschwindigkeit*.

Allgemeine Bedingung für das Zustandekommen der Veränderungsanschauung ist eine gewisse Schnelligkeit in dem Ablauf der objektiv sich verändernden Reize. Folgen deren verschiedene Phasen zu langsam aufeinander, so kommt es nicht mehr zu einem direkten sinnlichen Erfassen, sondern nur zu jenem eingangs erwähnten Erschließen von Veränderung durch Vergleichung von Erinnerungsbildern oder andere Vermittlungen. Wie groß diese Geschwindigkeit freilich sein müsse, läßt sich nicht genau bestimmen; mit Rücksicht auf das oben (S. 485) über die Zeitanschauung Angegebene wird man nur sagen müssen: jedenfalls so groß, daß zum Zustandekommen des Eindrucks von Veränderung nicht viel mehr als 1 Sekunde erforderlich ist. Veränderungen, deren Wahrnehmung mehrere Sekunden in Anspruch nimmt, sind durchweg nur erschlossen. Natürlich aber ist, ganz wie bei der Zeit, das unmittelbare und das mittelbare Veränderungsbewußtsein nicht durch eine scharfe Grenze voneinander getrennt, sondern jenes wird von diesem erst mehr und mehr begleitet und schließlich verdrängt.

Die Beziehungen der Veränderungsanschauung zu den äußeren Reizen im einzelnen sind neuerdings auf verschiedenen Empfindungsgebieten eingehender untersucht worden. Was zunächst annähernd momentane Änderungen betrifft, so fand Stern auf dem Gebiete des Sehens plötzliche Helligkeitszunahmen eben merklich bei einer Steigerung des objektiven Reizes um etwa $^1/_{30}$ seiner jeweiligen Intensität. Dieser Wert stimmt nicht übel zu der Unterschiedsempfindlichkeit für diskrete Helligkeitsverschiedenheiten, falls diese nur nicht gerade unter den günstigsten Umständen beurteilt werden (S. 224), wie es ja bei der Wahrnehmung zweier nacheinander auftretender Helligkeiten nicht der Fall ist. Für den Drucksinn der Haut liegen

Untersuchungen von Stratton vor. Danach werden bei Drucken von 50—200 gr auf eine kleine Fläche von 12 qmm momentane Änderungen von etwa $^3/_{100}$—$^4/_{100}$ des einwirkenden Reizes eben als Veränderungen wahrgenommen. Um auch die Richtung der Veränderung zu erkennen, waren etwas größere Werte erforderlich; ebenso zunehmend größere Werte beim Herabsteigen zu kleineren Anfangsdrucken. Durchweg wurde außerdem, wie übrigens auch auf anderen Sinnesgebieten, eine Reizzunahme früher erkannt als eine Reizabnahme.

Allmähliche Veränderungen werden — wie schon die Erfahrungen des täglichen Lebens lehren — erst nach wesentlich größeren Änderungen der Reize empfunden als momentane. Für relativ rasche Veränderungen, d. h. solche, die nach längstens 1 bis $1^1/_2$ Sekunden zum Bewußtsein kommen, ist dabei zugleich durch einwandfreie Untersuchungen von Stratton eine andere Tatsache erwiesen, die man nach der alltäglichen Erfahrung erwarten wird: die zum Erkennen der Veränderung erforderlichen Reizunterschiede werden allmählich größer, je langsamer die Veränderung vor sich geht. Wurde beispielsweise ein die Haut belastendes mittelgroßes Gewicht in der Sekunde um die Hälfte seines Anfangswertes vermehrt, so stieg die Schwelle der Veränderungswahrnehmung auf $^8/_{100}$, bei einer Zunahme um $^1/_{10}$ des Anfangswertes in der Sekunde auf $^{12}/_{100}$. Bei relativ langsamen Veränderungen dagegen, d. h. solchen, die erst nach einigen Sekunden erkannt werden, verwickeln sich die Verhältnisse. Die Beurteilung wird von mancherlei Reflexionen, Erwartungen, Schwankungen der Aufmerksamkeit usw. mitbedingt; man hat es mit ganz anderen Vorgängen zu tun, und es kann dann geschehen, daß langsamere Veränderungen besser, d. h. bei geringeren Verschiedenheiten der objektiven Reize, erkannt werden als schnellere. Solche Resultate sind von Hall und Motora für Druckänderungen, von Stern für Tonhöhenänderungen konstatiert worden, indes gehört ihre Erörterung nicht mehr hierher.

§ 42. Ähnlichkeit und Verschiedenheit.[1]

Nach dem Vorgange Lockes sind die seelischen Tätigkeiten des Vergleichens und Unterscheidens von vielen Psychologen einer eingehenderen Betrachtung unterzogen worden. Sie verdienen diese ihnen zuteil gewordene Beachtung vollauf; in der Regel ist darüber aber

[1] Fechner, Psychophysik II. Kap. 22. Stumpf, Tonpsychologie I, § 6. Mach, Beiträge z. Analyse der Empfindungen. 3. Aufl. S. 80. James, Principles of Psychology I. Kap. 13. H. Sachs, Entstehung der Raumvorstellung aus Sinnesempfindungen; 1897.

versäumt worden, die Aufmerksamkeit auf wichtige im Zusammenhang mit ihnen stehende Dinge, so wie es erforderlich gewesen wäre, hinzulenken. Jene Tätigkeiten oder Prozesse des Unterscheidens und Vergleichens nämlich führen zu bestimmten sie abschließenden Resultaten, zu eigenartigen zuständlichen Bildungen des Seelenlebens (s. S. 176f.), zu solchen Eindrücken wie Ähnlichkeit und Verschiedenheit, Gleichheit, Verwandtschaft, Andersartigkeit. In Unterordnung unter die Betrachtung des sie gelegentlich vermittelnden Vergleichungsvorganges kommen diese Bewußtseinsinhalte durchaus nicht zu ihrem Recht; um auch nur jenen völlig zu verstehen, müssen sie vorweg einmal selbständig gewürdigt werden. Was ist also von ihnen zu sagen? Welche Eigentümlichkeiten haben sie? Und welches sind die Bedingungen ihres Zustandekommens?

Man könnte zunächst geneigt sein, das Ähnlichkeits- und Verschiedenheitsbewußtsein für bloße Vorstellung, d. h. für etwas bloß Gedankliches, im Gegensatz zu dem sinnlich Empfundenen, zu halten. Natürlich ist es das unter Umständen. Ich kann mir einen Hund und einen Wolf in der Vorstellung vergegenwärtigen und mich der an ihnen bemerkten Ähnlichkeit erinnern, oder ich kann plötzlich auf den Gedanken kommen, daß ein Fremder, der vorhin meine Aufmerksamkeit erregte, große Ähnlichkeit mit einem meiner Freunde habe. Vor allem ist das abstrakte Bewußtsein von Ähnlichkeit und Verschiedenheit im allgemeinen lediglich bloße Vorstellung, ganz ebenso wie das Bewußtsein von Farbe und Geruch oder von Raum und Zeit im allgemeinen. Allein man denke sich z. B., daß man die Sonne über einem ruhigen Wasser untergehen sieht und so die Röte des Himmels zugleich direkt und gespiegelt erblickt, oder daß man seine nebeneinander gehaltenen beiden Hände betrachtet, daß man denselben Ton a_1 gleichzeitig von einer Geige und einer Stimmgabel hört oder eine gleiche Melodie von einer Männer- und einer Frauenstimme. Wird man sagen mögen, daß hier die Farben und Töne zwar unmittelbar sinnlich empfunden werden, daß aber das Bewußtsein ihrer Gleichheit oder Ungleichheit in einem hinzutretenden Gedanken bestehe? Doch wohl schwerlich. Sondern dieselben Augen und Ohren, die mir die Farben und Töne liefern, geben mir auch Kunde von den zwischen ihnen bestehenden Gleichheits- und Ungleichheitsverhältnissen: das eine erlebe ich auf ganz dieselbe Weise, ebenso sinnlich lebendig und ebenso reflexionslos wie das andere. Zwei verschieden gefärbten Quadraten wird die Gleichheit ihrer Form und die Verschiedenheit ihrer Färbung direkt angesehen, wie der sprachliche Ausdruck richtig lautet, d. h. jene Beziehungen erscheinen ebenso als unmittelbar sinnlich wahrgenommene Eigenschaften der beiden Figuren wie

Form und Farbe als Eigenschaften jeder einzelnen. Kurz, es verhält sich mit Ähnlichkeit und Verschiedenheit ganz ebenso wie mit Raum, Zeit und Veränderung: sofern sie dem sinnlich Empfundenen zukommen, sind sie gleichfalls durchaus sinnlich empfundene Erlebnisse. Dabei aber stehen sie nicht etwa als eine neue Empfindungsklasse neben den verschiedenen anderen Klassen, so daß man außer Gesichts-, Gehörs- u. a. Empfindungen nun weiter Gleichheits- und Unterschiedsempfindungen aufzuzählen hätte. Sondern sie bilden besondere, allen möglichen Arten von Empfindungen, und zwar immer einer Empfindungsmehrheit, gemeinsam anhaftende Eigentümlichkeiten, die sich über deren sonstigen Eigenschaften (den sog. Intensitäten und Qualitäten) gleichsam aufbauen und erheben, wie sich räumliche und zeitliche Eigentümlichkeiten darüber erheben; ja die auch an den räumlichen und zeitlichen Verhältnissen selbst wieder vorkommen können, wenn von diesen eine Mehrheit für das Bewußtsein vorhanden ist. Das, was wir aber auf solche Weise sinnlich erleben, sind natürlich nicht Ähnlichkeit und Verschiedenheit im allgemeinen, sondern jedesmal ganz bestimmte und konkrete Ähnlichkeiten oder Unterschiede, einer gemalten Fleischfarbe etwa und der natürlichen Fleischfarbe, einer größeren und einer kleineren Münze, des Veilchengeruchs und des Rosengeruchs usw., und jene abstrakten Vorstellungen entwickeln sich erst sehr allmählich auf Grund zahlreicher Wiederholungen eben dieser sinnlichen Anschauungen von Einzelähnlichkeiten.

In engem Zusammenhange hiermit steht ein zweites Moment. Wir gingen davon aus, daß Ähnlichkeit und Verschiedenheit als Ergebnisse einer vergleichenden Tätigkeit im Bewußtsein auftreten. So ist es in zahlreichen Fällen. Wir treffen besondere Veranstaltungen, daß objektive Eindrücke in mehrfacher Wiederholung auf unsere Sinnesorgane einwirken, suchen ihnen mit einer besonderen Anspannung der Aufmerksamkeit entgegen zu kommen, stellen mancherlei Überlegungen an, ehe wir unser Urteil formulieren usw. Allein diese Fälle dürfen nicht zu der Meinung verleiten, als ob das Ähnlichkeitsbewußtsein solchen Tätigkeiten sein eigentliches Dasein verdanke und also zu dem in der Regel passiv genannten sinnlichen Empfinden dadurch in einem Gegensatz stände, daß es Resultat einer höheren Aktivität der Seele sei. Wie schon oben (S. 438) kurz ausgeführt, sind vielmehr jene Tätigkeiten etwas rein Akzessorisches. In einfachen Fällen — d. h. wenn die einander ähnlichen Inhalte selbst einfacher Natur sind, wenn sie in räumlicher Benachbarung und zeitlich unmittelbar aufeinander folgend auf die Seele einwirken — fehlen sie gänzlich. Zwei Blätter desselben Zweiges, zwei Münzen desselben Gepräges werden ebenso unmittelbar und in demselben Akte als

ähnlich empfunden, wie sie überhaupt gesehen werden; von Aktivität und Passivität kann hinsichtlich des Bewußtseins ihrer Ähnlichkeit durchaus in keinem anderen Sinne die Rede sein als hinsichtlich des Bewußtseins ihrer Form und Färbung. In anderen, verwickelteren Fällen schieben sich Tätigkeiten ein, aber sie dienen lediglich dazu, gewisse ungünstige Bedingungen für die Einwirkung der objektiven Ähnlichkeitsursachen zu beseitigen und günstigere an ihre Stelle zu setzen, wie z. B. die äußeren Reize einander räumlich näher zu bringen, ihre Mannigfaltigkeit zu analysieren, einzelnes von ihnen besonders hervorzuheben usw. So wie die geeigneten Umstände verwirklicht sind, treten auch hier wieder die Anschauungen von Ähnlichkeit und Verschiedenheit unmittelbar und ohne weiteres in das Bewußtsein; natürlich je nach Umständen bald von Ähnlichkeit in einer solchen, bald in einer anderen Hinsicht. Es ist so, wie wenn man zur Beobachtung eines lichtschwachen Sternes ein Fernrohr in die Hand nehmen und vielleicht eine Weile am Himmel herumsuchen muß. Der schließliche Eindruck der Helligkeit des Sternes und seiner Position am Himmel wird doch nicht durch jene Tätigkeiten verursacht, sondern durch die Lichtstrahlen, die er ins Auge sendet, und die vorangehenden Tätigkeiten haben keine andere Bedeutung, als für diese überhaupt erst die Möglichkeit einer Einwirkung zu schaffen.

Eben dies ist auch der Sinn der etwas paradoxen Formulierung Condillacs: comparer n'est autre chose que donner en même temps son attention à deux idées. Was man gewöhnlich als Ergebnis einer besonderen Vergleichungstätigkeit auffaßt, so könnte man den Satz interpretieren, ist in seiner elementarsten Form lediglich die direkte und reflexionslose Wirkung derselben objektiven Reize, die die sogenannten Empfindungen verursachen, nur mit dem Unterschiede, daß für die Entstehung eines Eindruckes von Ähnlichkeit oder Verschiedenheit stets eine gewisse Mehrheit, mindestens eine Zweiheit von Empfindungen vorhanden sein muß, die in jenem Eindruck in eigenartiger Weise zusammengefaßt erscheinen. Auch von dieser Seite her also zeigen sich die Anschauungen von Ähnlichkeit und Verschiedenheit ganz gleichartig denen von räumlichen und zeitlichen Verhältnissen.[1]

[1] Die obige Darstellung des Gegenstandes in der 1. Aufl. hat den Widerspruch von Lipps hervorgerufen (Zeitschr. f. Psychol. 28 S. 166). Es geht mir indes mit seiner Erörterung ähnlich, wie Stumpf einmal von der Lippsschen Besprechung seines Verschmelzungsbegriffes sagt: ich sehe nicht recht ein, warum sie durchweg in die Form einer Polemik gekleidet ist. Denn was ich meine, unterscheidet sich nicht allzusehr von der Lippsschen Auffassung. Nach ihm sind Ähnlichkeit und Verschiedenheit Eigenschaften oder Prädikate, die z. B. zwei Farben oder zwei Tönen zukommen, wenn ich sie zusammennehme, sie außer ihrer Einzelauffassung in einen einzigen Akt der Apperzeption zu-

Ein dritter für das Ähnlichkeitsbewußtsein wichtiger Punkt ist der folgende. Bei komplizierteren Dingen besteht die Ähnlichkeit, die sie im ganzen zeigen, häufig darin, daß sie in einzelnen Bestandteilen ganz oder fast ganz übereinstimmen und in anderen stark von einander abweichen. Die Reimworte hallen und schallen z. B., oder das deutsche Wort Vater und das englische father sind einander dadurch ähnlich, daß die Glieder jedes Paares vier Laute gemeinsam haben, in einem fünften dagegen differieren. Ein Ölbild gleicht seiner photographischen Reproduktion, d. h. die Figuren und ihre räumliche Anordnung sind bei beiden genau dieselben, nur sind sie dort größer, hier kleiner, erscheinen dort in bunten Farben, hier in neutralen, vielleicht stimmen die Helligkeitsabstufungen der Farben auf beiden Seiten wieder leidlich überein usf. Nach der Analogie solcher äußerst zahlreichen Fälle hat man alle Ähnlichkeit beurteilt und behauptet, das Bewußtsein von ihr beruhe durchweg auf der Wahrnehmung einer gewissen Menge gleicher und einer gewissen Menge ungleicher Bestandteile, und je nach der relativen Anzahl der einen und der anderen Elemente bestimme sich der Grad der Ähnlichkeit. Diese Konstruktion würde also nur zwei ursprüngliche Einzeleindrücke, den der Gleichheit und der totalen Ungleichheit, anzuerkennen brauchen, und sie würde alle die auf den ersten Blick schwer faßbaren Nüancierungen von Ähnlichkeit der Idee nach in ein und demselben Maße auszuwerten gestatten.

Allein zweifellos tut sie den Tatsachen Gewalt an. Die Farbentöne Rot und Orange sind einander ähnlich, ähnlicher als Rot und Gelb oder Rot und Grün, jedoch gemeinsame Bestandstücke, die nun je mit verschiedenen Mengen nicht gemeinsamer Bestandstücke gepaart wären, lassen sich hier nicht auffinden. Ebenso bei anderen einfachen Eindrücken, wie z. B. zwei Tönen, die ihrer Höhe oder Stärke nach einander ähnlich sind, bei zwei nicht weiter analysierbaren Gerüchen, zwei Temperaturempfindungen usw. Selbst solche Dinge wie Kreis und Ellipse oder langsame Rhythmen und schnelle Rhythmen wird

sammenschließe. Ungefähr so könnte ich mich auch ausdrücken. Nur meine ich freilich, daß das „Ich“, welches jenes Zusammennehmen und Zusammenschließen vornimmt, nicht eine besondere Realität außerhalb der Farben und Töne sei, sondern lediglich die Stätte, innerhalb deren sich die Vorgänge der Zusammenfassung mit ihren Resultaten je nach Umständen bald so bald anders, aber stets ganz gesetzmäßig vollziehen. Daß Ähnlichkeit und Verschiedenheit nicht nur an Empfindungen sondern auch an Vorstellungen unmittelbar und nicht bloß in gedanklicher Nachbildung erlebt werden können, wie Lipps mir entgegenhält, habe ich oben (S. 443) ausdrücklich hervorgehoben. Hier, wo lediglich von ihrem Vorkommen an Empfindungen die Rede ist, war keine Veranlassung, darauf näher einzugehen.

man kaum durch die Übereinstimmung gewisser „Bestandteile" einander ähnlich nennen können. Die Ähnlichkeiten werden ohne weiteres als größer oder geringer empfunden, aber zerlegbar in verschiedene Summen gleicher und ungleicher Teile sind sie auf keine Weise. Ja, ohne die Anerkennung solcher Ähnlichkeiten des Einfachen würden auch die meisten Ähnlichkeiten des Zusammengesetzten nicht verständlich sein. Denn die letzten Elemente, die sich in diesen durch Analyse unterscheiden lassen, sind durchaus nicht immer im vollen Sinne des Wortes einander gleich, sondern in der Regel selbst wieder nur ähnlich.

Mag sein, daß unter Umständen die unseren bewußten Erlebnissen zugrunde liegenden nervösen oder überhaupt materiellen Vorgänge eine derartige Zusammensetzung besitzen. Die Empfindungen der Farben z. B. beruhen vermutlich auf dem gleichzeitigen Vonstattengehen einiger weniger optochemischer Prozesse und die Ähnlichkeit einzelner Farben darauf, daß bei ihnen je die gleichen Prozesse in verschiedenen relativen Stärkegraden kombiniert sind. Indes solche Möglichkeiten liegen nicht immer vor, z. B. nicht bei der Ähnlichkeit zweier der Höhe nach benachbarter Töne, die einander doch nicht allzu nahe liegen, wie etwa d und e, d und f, und außerdem kommt es für die ganze Frage darauf gar nicht an, da es sich ja nicht um das in den Nerven, sondern um das im Bewußtsein Vorhandene handelt.

Ähnlichkeit und Verschiedenheit sind also nicht ableitbar aus verschiedenen Gruppierungen zweier Elementareindrücke Gleichheit und Ungleichheit, sondern sie sind selbst etwas Letztes und Elementares, und Gleichheit wie Ungleichheit sind nur je die äußersten Glieder der verschiedenen Reihen, zu denen sich die mannigfachen Einzelähnlichkeiten auf den verschiedenen Empfindungsgebieten angeordnet denken lassen.

Dabei ist noch eine letzte Unklarheit zu vermeiden, hinsichtlich des Eindrucks der Gleichheit. Man hat bemerkt, daß Gleichheit objektiv eigentlich nie vorhanden sei, daß es zwei absolut gleiche Farben oder Gewichte, zwei Töne von genau der gleichen Schwingungszahl niemals gebe, sondern daß höchstens unsere Wahrnehmung nicht scharf genug sei, um die feinsten objektiven Unterschiede zu konstatieren. Und im Anschluß daran hat man bei der Untersuchung der Abhängigkeit unserer Empfindungen von den objektiven Reizen die Frage nach ihrer Gleichheit vielfach ganz unterdrückt und nur die Art ihrer Verschiedenheit beurteilen lassen. Jene Bemerkung ist ganz richtig, aber psychologisch irrelevant, und das darauf gegründete Verfahren tut unserem Empfinden unberechtigte Gewalt an. Ob objektiv vorhanden oder nicht vorhanden, subjektiv ist Gleichheit jedenfalls ein realer und echter Eindruck. Es kommt gelegentlich vor, daß sein

Vorhandensein fälschlich behauptet wird, z. B. wenn von zwei Gewichten bald das eine, bald das andere eine Spur schwerer erscheint, und man, um nichts objektiv Unsinniges zu behaupten, einen Mittelweg einschlägt und beide für gleich erklärt. Aber dadurch, daß hier, wie so häufig, unsere Eindrücke durch eine nicht hingehörige Einmischung anderweitigen Wissens inadäquat wiedergegeben werden, wird nichts daran geändert, daß wir in anderen und im ganzen doch häufigeren Fällen eine eigenartige und durchaus positive Anschauung von Gleichheit in uns finden.

Die äußeren Ursachen für das Auftreten des Ähnlichkeits- und Verschiedenheitsbewußtseins bilden natürlich, ganz wie bei Raum und Zeit, die objektiv bestehenden Ähnlichkeiten und Verschiedenheiten; d. h. wenn wir in einer bestimmten Hinsicht, auf einem bestimmten Empfindungsgebiet unmittelbar Gleichheit oder Ähnlichkeit erleben, so läßt sich auch immer in anderen Hinsichten, namentlich auf dem Gebiete des Tastsinns, oder durch Vermittlung von mancherlei Instrumenten, das Vorhandensein von identischen oder wenig verschiedenen Reizkomplexen nachweisen. Allein auch hier folgt das Subjektive dem Objektiven nicht sklavisch und unter allen Umständen, sondern mit einer gewissen Freiheit und erst bei Erfüllung besonderer Bedingungen. Daß die zu vergleichenden Eindrücke, wenn es sich um Sichtbares handelt, einander räumlich möglichst benachbart und gleichzeitig sein müssen, bei anderen Inhalten dagegen möglichst rasch zeitlich aufeinander folgen müssen, wurde schon berührt. Daneben spielt anderes eine Rolle. Wird eine Melodie in eine andere Tonart transponiert (d. h. werden die Schwingungszahlen ihrer Töne sämtlich um ein gleiches Vielfaches vermehrt oder vermindert), so behält sie ihren Charakter, ebenso wenn die Stärkeverhältnisse der sämtlichen Töne oder ihre zeitliche Dauer durchweg in gleichem Verhältnisse geändert werden. Ändert man dagegen die Zusammenfassung der einzelnen Töne zu Takten, oder läßt man sie in umgekehrter Ordnung aufeinander folgen, so entsteht ein ganz andersartiges Tongebilde.

Namentlich bei räumlichen Gestalten ist, wie Mach mehrfach hervorgehoben hat, das geometrisch Gleiche oder Ähnliche keineswegs immer auch optisch gleich und ähnlich. Wird ein räumliches Gebilde in allen seinen Abmessungen um ein gleiches Vielfaches vergrößert oder verkleinert, so bleibt es sich ähnlich, wird es dagegen unter Beibehaltung seiner Dimensionen bloß gedreht, so verliert sich dieser Eindruck für das unmittelbare sinnliche Empfinden. Ein großes und ein kleines Quadrat werden ohne weiteres als „dieselbe“ Figur erkannt, ein liegendes und ein auf der Spitze stehendes Quadrat erst nach einer kleinen Reflexion, nach einer gedachten Drehung des

Kopfes oder nach einem gedanklichen Zurechtrücken des einen in die Lage des anderen. Auf den Kopf gestellte Schrift kann man nicht lesen, wenn man es nicht besonders gelernt hat; ein bekanntes Gesicht umgekehrt betrachtet macht einen durchaus fremdartigen Eindruck. Auffallend leicht wird dagegen wieder Ähnlichkeit empfunden bei Raumgebilden, die in bezug auf die Medianebene unseres Körpers symmetrisch sind, also z. B. bei beliebigen Gegenständen und ihren Spiegelbildern.

Zweifellos haben diese Eigentümlichkeiten der Ähnlichkeitsanschaunng bei Raumformen, wie Mach und H. Sachs erkannt haben, ihren Grund in der Ausrüstung der Augen mit einem Bewegungsapparat. Dieser funktioniert zunächst so, daß jede Bewegung des Auges in einem bestimmten Halbmeridian der Netzhaut, einerlei ob sie mehr oder weniger ausgiebig ist, durch eine bestimmte Koordination der vorhandenen Muskeln verwirklicht wird, während der Bewegung in jedem anderen Halbmeridian eine andere Koordination entspricht. Wenn wir nun bei der Betrachtung einer räumlichen Form, wie wir zu tun pflegen, einzelne markante Punkte durch Augenbewegungen näher ins Auge fassen, so bleibt der Charakter dieser Bewegungen und des von ihnen herrührenden Gesamteindrucks im wesentlichen derselbe, falls alle Dimensionen der Fignr proportional geändert werden; er wird dagegen ein mehr oder weniger anderer, falls die Figur eine andere Orientierung bekommt. Sodann ist der Bewegungsapparat der Augen ein vollkommen symmetrischer in bezug auf die Medianebene des Kopfes, und dadurch bewirken wieder symmetrische Blickbewegungen beim Auffassen einer Figur, ganz wie symmetrische Arm- oder Beinbewegungen, auch ähnliche Eindrücke für das Bewußtsein.

§ 43. Einheit und Vielheit.

1. Bei gleichzeitigen Eindrücken. Wir kommen zu einer letzten unmittelbar anschaulichen Eigentümlichkeit der Empfindungen, die sich erst seit kurzem als solche einige Anerkennung zu erringen vermocht hat.

Ich schaue aus meinem Fenster und erblicke an dem blauen Himmel neben einigen Cirrusstreifen eine schöne Kumuluswolke. Selbst mit flüchtigem Blick sehe ich mancherlei Einzelheiten an ihr. Blendende Helligkeit an der einen Seite, silbergraue Schatten an der anderen, eine einfache horizontale Basis unten und reichgegliederte hochgetürmte Ballen oben, dazu eine Fülle von kleineren Ballungen und Schattierungen in ihrem Inneren. Aber indem ich das alles sehe und mehr oder weniger deutlich auseinander halte, habe ich doch einen entschieden andersartigen Eindruck als z. B. von den verschiedenen Möbeln meines Zimmers oder den Büchern, die auf ihnen umherliegen. Diese geben mir eine bloße Summe, ein bloßes Vielerlei von Dingen nebeneinander. Bei dem Anblick der Wolke dagegen habe ich, ganz unbeschadet der Vielheit, die ich freilich wahrnehme, zugleich noch

durchaus das Bewußtsein einer Einheit, die das Viele umfaßt, eines Ganzen, dessen Teile die vielen Einzelheiten bilden.

Dieser Eindruck beruht nicht etwa auf der Flüchtigkeit meines Sehens. Je oberflächlicher ich sehe, desto weniger Einzelheiten unterscheide ich freilich, und desto mehr tritt also das Bewußtsein einer Einheit in den Vordergrund. Aber wenn mein Blick die Wolke nur so flüchtig streift, daß mir gar keine Einzelheiten mehr bewußt werden, so ist auch der ganze hier gemeinte Eindruck einer einheitlich zusammengeschlossenen Mehrheit verschwunden; ich sehe dann nicht mehr ein Ganzes, sondern lediglich ein Einfaches, einen weißen Fleck. Vielmehr kann ich mich beliebig in die genauere Betrachtung der Wolke vertiefen. Wie viele neue Details mir dadurch auch zum Bewußtsein kommen mögen, die lebendige Anschauung, daß sie insgesamt als Teile zu jenem Ganzen gehören, geht damit nicht verloren.

Namentlich aber besteht der Eindruck nicht in einer bloßen Reflexion, noch auch in einer willkürlichen Hineintragung des Gedankens einer einheitlichen Zusammenfassung. Sondern die Wolke sehen und sie mit allen ihren Einzelheiten als eine Wolke sehen oder als ein Ding, wie wir sagen, und ferner den blauen Himmel als ein anderes Ding sehen und die Cirrusstreifen wieder als andere Dinge, ist alles das Werk ein und desselben sinnlichen Aktes, das Ergebnis einer psychisch unvermittelten und durchaus reflexionslosen Anschauung. Und eine nennenswerte Gewalt über diesen Eindruck, so daß ich ihn willkürlich niederhalten oder modifizieren könnte, ist mir nicht gegeben. Er drängt sich mir auf, ganz wie die Helligkeit und die Form der Wolke oder die blaue Farbe des Himmels. Versuche ich, einen Teil der Wolke von dem Rest abzutrennen und etwa mit dem Himmel zu einem Ganzen zusammenzufassen, so begegne ich einem entschiedenen Widerstande; diesen Komplex von Eindrücken erblicke ich nicht als eine Einheit.

Unter anderen Umständen freilich existiert, wie alle die Dinge, mit denen wir uns hier befassen, so auch unser Bewußtsein von Einheit in Vielheit als etwas nur Gedachtes oder gedanklich Vermitteltes. So z. B. bei der Einheit eines Kunstwerkes oder dem einheitlichen Inhalt einer Abhandlung, oder wenn ich die politische Geschichte Deutschlands von 1815—1870 als ein Ganzes überschaue. Vielfach habe ich auch eine gewisse Macht über sein Auftreten; ich kann etwas absichtlich und willkürlich als ein Ganzes betrachten, was sich zunächst und ohne weiteres nicht so darstellt. So wenn ich die Zeilen einer Druckseite oder die Stäbe eines Lattenzauns behufs Abzählens in Gruppen von 2 oder 3 zusammenfasse, ferner bei dem Heraussehen von Figuren aus einem Tapetenmuster oder bei den bekannten Vexierbildern nach

dem Schema „Wo ist die Katz?“ Aber wie wäre das alles möglich, wie sollte die Seele dazu kommen, die Vorstellung eines Ganzen durch assoziative Vermittlung, absichtlich oder unwillkürlich, in ihre Erlebnisse hineinzutragen, wenn sie sie nicht irgendwo einmal ursprünglich, unvermittelt und in anschaulicher Gestalt gewonnen hätte? Und wie sollten jene gedanklichen Übertragungen für sie einen Sinn haben, wenn sie nicht aus fortwährend erneuten Anschauungen immer wieder erführe, was einheitlich gebundene Vielheit im Gegensatz sowohl zu ungegliederter Einfachheit wie zu zusammenhangloser Mehrheit eigentlich bedeutet?

Zu solchen sinnlichen Quellen der Einheitsanschauung gehört also das Beispiel, von dem wir ausgegangen sind. Daneben zahlreiches Andere und nicht nur auf dem Gebiete des Sehens. Ein einzelner Baum oder ein Tier auf einem Rasenplatze, ein Bild an der Wand, ein Schlüssel, den ich tastend in die Hand nehme, eine zusammengesetzte Speise, Getränk oder Wohlgeruch, deren Bestandteile ich teilweise kenne, alles das wird nicht als ein Einfaches noch auch als eine bloße Mosaik verschiedener Empfindungen, sondern in dem beschriebenen Sinne als ein Ganzes aufgefaßt. Besonders deutlich, sowohl an sich wie in seiner Unabhängigkeit von Erfahrungen, ist das Bewußtsein der Einheitlichkeit bei gleichzeitig erklingenden Tönen, und im Anschluß an diese Erscheinungen des Tongebietes hat Stumpf das Verdienst, zuerst eindringlich auf die ganze Sache hingewiesen zu haben.[1] Die gleichzeitig angeschlagenen Töne eines Dur-Akkords klingen in gewisser Hinsicht ganz so, wie wenn sie nacheinander angegeben werden: ihre Höhe und ihr Klangcharakter ist in beiden Fällen derselbe. In anderer Hinsicht aber besteht ein wesentlicher Unterschied. Aufeinander folgend treten die Töne völlig auseinander; sie bilden (natürlich soweit sie nicht etwa als Melodie aufgefaßt werden) eine klar geschiedene Mehrheit unzusammenhängender Eindrücke. Gleichzeitig erklingend dagegen fließen sie in einer eigentümlichen Weise ineinander; sie werden, unbeschadet der Wahrnehmung ihrer Mehrheit, doch zugleich mit Annäherung an einen einzelnen Ton, d. h. eben als eine Einheit, empfunden (s. S. 318).

Die objektiven Ursachen der Einheitsanschauung sind verschiedener Art. Bei den Tönen liegen sie vielleicht zum Teil in besonderen Einrichtungen des peripheren Apparates (S. 344), die sich nirgendwo ähnlich wiederfinden. Von allgemeiner Bedeutung sind namentlich zwei Verhältnisse: qualitative Ähnlichkeit der Eindrücke und räumliche Zusammenordnung. Werden aus einer Mehrheit räumlicher Gebilde einzelne einander räumlich näher gerückt und durch größere Ent-

[1] Stumpf, Tonpsychologie. Bd. 2 S. 64 f. u. 127 f.

fernungen von ihren Nachbarn geschieden, so heben sie sich ohne weiteres als einheitliche Gruppen für das Bewußtsein heraus, wie von den einzelnen Worten eines gedruckten Textes sowie den Überschriften, Absätzen usw. jedem geläufig ist. Ebenso wenn einzelne Konturen oder Liniensysteme innerhalb anderer in gleicher Farbe oder sonst in gleicher Manier ausgeführt sind. Das Beispiel der Wolke zeigt beide Momente gleichzeitig wirksam. Denn eben deshalb wird sie als ein einheitliches Gebilde empfunden, weil die in ihr enthaltenen Farbentöne und Formen sich wechselseitig viel näher stehen als der Farbe und Form des Himmelsgrundes, und weil sie zugleich räumlich eng aneinandergerückt sind. Eine starke vereinheitlichende Kraft besitzt sodann die Symmetrie, wie das Beispiel einer Pflanze, einer Blumenkrone oder der bunten Steinchen eines Kaleidoskops lehrt.

2. Rhythmus.[1] Der Eindruck von Einheit in Vielheit ist nicht auf gleichzeitige Empfindungen beschränkt, er wird auch, und zwar ebenso unmittelbar und unreflektiert wie bei jenen, durch aufeinander folgende hervorgebracht. Wesentlich allerdings nur durch solche, die sich leicht nacheinander in scharfer Absetzung hervorbringen lassen, wie die Gehörsempfindungen und die Empfindungen unserer Körperbewegungen. In ihrer einfachsten Gestalt werden diese sukzessiven Einheiten als *Rhythmen* bezeichnet. Sieht man ab von allen Gefühlswirkungen, die sich mit dem Rhythmus verbinden, so bleibt als sein eigentliches Wesen: eine Gliederung zeitlich aufeinander folgender Empfindungen durch Zusammentreten mehrerer von ihnen zu einheitlichen Gruppen (nicht etwa bloß die Aufeinanderfolge von Eindrücken in gleichen Intervallen, wie man häufig gesagt findet). Die einzelnen Empfindungen bleiben nicht isoliert und selbständig nebeneinander wie die Perlen einer Schnur, noch auch fließen sie zu einem neuen einfachen Eindruck ineinander, wie die Sektoren schnell rotierender Scheiben, sondern sie schließen sich zu kleinen Gruppen zusammen, die je mehrere Einzeleindrücke als in sich enthalten erkennen lassen.

Die Veranlassungen zu solcher Rhythmisierung sind mannigfach. Läßt man eine Mehrheit von leichten Hammerschlägen, Klopftönen und dergl. im ganzen in gleichmäßigen Intervallen aufeinander folgen, aber so, daß ab und zu eine etwas größere Pause dazwischen tritt, so hört man nicht mehr mit gleicher Objektivität kleine Intervalle und große Intervalle, sondern die schneller aufeinander folgenden Schläge bilden

[1] Meumann, Untersuchungen zur Psychologie und Ästhetik des Rhythmus. Philos. Studien, 10 S. 249 u. 392; 1894. Mac Dougall, The Structure of Simple Rhythm Forms. Psychol. Rev. Monogr. Suppl. 4 S. 309; 1903.

je eine Einheit und die Pausen die trennenden Einschnitte zwischen mehreren von diesen. Die gleiche Wirkung haben Unterschiede der Betonung. Wird ein Schlag um den anderen oder auch je nach mehreren anderen durch etwas größere Stärke ausgezeichnet, so schließt er sich mit den schwächeren Schlägen, die ihn von dem nächsten stärkeren trennen, wiederum zu einem Ganzen zusammen. Und zwar entweder so, daß die Gruppe mit dem stärkeren Schlage anfängt *(fallender Rhythmus)* oder mit diesem ihren Abschluß findet *(steigender Rhythmus)*. Auch Unterschiede der Höhe, der Klangfarbe, ja auch der bloßen räumlichen Lokalisation können rhythmusbildend wirken, wenn nur Gleichheit und Verschiedenheit der Eindrücke wenigstens eine Zeitlang analog bleiben.

Durch gleichzeitige Verwendung mehrerer rhythmusbildender Mittel entstehen komplizierte Rhythmen. Die kleineren Einheiten werden zu Gliedern höherer Einheiten, die sich unter Umständen wieder zu umfassenderen Gruppen zusammenschließen. In solchem mehrgliedrigen Aufbau erscheinen die Rhythmen in Poesie und Musik, im Vers und der Melodie. Die höheren Einheiten werden hier hergestellt durch die musikalischen Beziehungen der Töne und den Sinn der Worte, die niederen Einheiten im allgemeinen durch Betonung und Pause. Schemata der Elementareinheiten haben wir bekanntlich an den Metren und Versfüßen, die übrigens als solche, d. h. als nackte Schemata, dem Schöpfer oder Hörer der Rhythmen gar nicht bewußt, ja nicht einmal bekannt zu sein brauchen.[1]

Je nach der Anzahl der zu einheitlichen Gruppen zusammentretenden Glieder unterscheidet man zweigliedrige, dreigliedrige usw. Rhythmen. Sehr vielgliedrige einfache Rhythmen indes gibt es nicht. Denn unsere Fähigkeit, eine Mehrheit gleichwertiger Eindrücke zu einem Ganzen zusammenzufassen und dabei dieses noch bestimmt zu unterscheiden von einem etwas mehr oder minder reichhaltigen Ganzen, hat relativ enge Grenzen. Schon die Zusammenfassung und gleichzeitige bewußte Sonderung von fünf gleichwertigen Eindrücken erfordert eine gewisse Anstrengung und besonders günstige Umstände. Bei noch weiterer Vermehrung der Gliederzahl hat man im allgemeinen nur mehr das Bewußtsein einer unbestimmten und diffusen Vielheit.

[1] Die musikalischen Takte dagegen sind nicht mit Rhythmen zu verwechseln. Sie bilden nur ein Mittel neben anderen (Bogen, Pausezeichen), um die von dem Komponisten gewollte Rhythmisierung anderen verständlich zu machen. Bei den Worten der Sprache weiß jedermann, welche Silben er durch stärkere Betonung oder größere Dehnung vor den übrigen hervorzuheben hat, bei den Noten ist dazu eine besondere Konvention nötig, und zu dieser gehören die Taktstriche.

Dagegen ist eine einheitliche Auffassung auch einer größeren Anzahl von Elementen wieder möglich durch mehrfach übereinander greifende rhythmische Gliederung, durch Vereinigung mehrerer niederer zu höheren Einheiten. Bereits viergliedrige Rhythmen pflegt die Praxis übersichtlicher zu machen, indem sie mit einer stärkeren Hervorhebung des ersten Elements eine schwächere des dritten verbindet. Indes auch so werden schließlich gewisse Grenzen erreicht, die äußersten Falls durch die Zahl vier bezeichnet zu sein scheinen. Eine Vereinigung von mehr als vier niederen Einheiten zu einer höheren und ein Aufbau von mehr als vier Einheiten verschiedenen Grades übereinander scheint unmöglich zu sein, ohne daß der unmittelbare Eindruck einer Zusammengehörigkeit des Ganzen verloren geht. Daß bei alledem für die Aufeinanderfolge der Einzelempfindungen auch gewisse Geschwindigkeitsgrenzen innegehalten werden müssen, daß sie weder allzu rapide aufeinander folgen, noch allzu weit auseinander rücken dürfen, folgt aus dem oben (S. 485) über die Grenzen unserer unmittelbaren Zeitanschauung Gesagten.

3. Zahl.[1] Das Bewußtsein von Einheit in Vielheit, losgelöst von den verschiedenen Empfindungsinhalten, an denen es ursprünglich zur Anschauung kommt, ist die Vorstellung der *Zahl.* Obwohl diese kein unmittelbar Gegebenes des Seelenlebens mehr bildet, sondern wie die Allgemeinvorstellungen von Farbe, Raum, Ähnlichkeit erst durch Abstraktionsvorgänge zustande kommt, sei doch gleich hier darauf aufmerksam gemacht, daß sie in der soeben behandelten Einheitsanschauung ihre Grundlage hat und nirgends anders. Erst in der jüngsten Zeit ist dies zum Bewußtsein gekommen (Husserl); bisher begegnete man über ihre Herkunft den verschiedenartigsten irrigen Vorstellungen. Da man nämlich die Anschauung von Einheit in Vielheit nicht als ein besonderes Elementargebilde des Seelenlebens anzuerkennen pflegte, so hatte man eigentlich kein Substrat, um das Dasein der Zahlvorstellung begreiflich zu machen. Und wenn man nun nicht einfach an ihr vorüberging — die meisten Psychologien nennen sie gar nicht —, so mußte man sie durch anderweitige, mehr oder weniger unangemessene Ableitungen herauszubringen suchen. Ich erwähne von diesen zwei, die sich größerer Verbreitung erfreuen.

Die eine basiert die Vorstellung der Zahl auf die Zeitanschauung.

[1] W. Rowan Hamilton, Theory of Conjugate Functions and Preliminary Essay on Algebra as the Science of Pure Time. Transact. of the Royal Irish Acad. 17; 1837. Stanley Jevons, Principles of Science, II Ch. 8; 1874. v. Helmholtz, Zählen und Messen. Zeller-Festschrift S. 15f.; 1887. Kronecker, Über den Zahlbegriff. Ebda S. 261. Husserl, Philosophie der Arithmetik. Bd. 1; 1891.

Sie beruht darauf, daß jene Vorstellung in der Regel durch Abzählen vermittelt wird, und daß dieses Abzählen, da dabei von allen Besonderheiten der Dinge abgesehen werden kann, sich auf weiter nichts zu richten scheint, als auf ihre bloße Aufeinanderfolge in der Zeit. Zahl wäre also die abstrakte Vorstellung zeitlicher Reihenfolge, ihr eigentlicher Inhalt wäre das, was wir in der Ordnungszahl denken (Hamilton, Helmholtz, Kronecker).

Offenbar ist damit eine reine Nebensache zur Hauptsache gemacht. Daß wir die Vorstellung einer Zahl vielfach durch die zeitlich verlaufende Tätigkeit des Zählens gewinnen, und daß dabei die Eindrücke in zeitlicher Sukzession in unser Bewußtsein treten, beruht, wie man sagen kann, auf einer zufälligen Beschränktheit des menschlichen Anschauungsvermögens. Bei den kleinsten Zahlen — zwei, drei — braucht es gar nicht der Fall zu sein, sie können durch einen schlechthin momentanen Akt erfaßt werden; aber auch bei den größten ist es für den Inhalt der Zahlvorstellung bedeutungslos, es spielt darin gar keine Rolle. Was wir meinen, wenn wir z. B. „fünf" vorstellen, ist doch nicht, daß erst ein Ding aufgetreten sei, dann noch eins. noch eins usw., sondern ist das Dasein einer kollektiv zusammengefaßten Menge, einer zur Einheit verbundenen und gegen anderes abgesetzten Vielheit. Mögen wir zu dieser Vorstellung immerhin durch eine zeiterfordernde Prozedur gelangt sein, wenn wir nicht anders konnten; charakterisiert wird ihr Inhalt nicht durch diese Vermittlungen, sondern durch das Resultat, das schließlich dabei herausgekommen ist, ähnlich wie eine Sprache nicht dadurch charakterisiert wird, daß man sie so oder anders gelernt hat.

Man denke sich die Zeitanschauung einmal aus dem Bewußtsein des Menschen hinweg: sein geistiges Leben bestehe also sozusagen aus lauter zeitlich zusammenhanglosen Empfindungs- und Gedankenblitzen, übrigens von beliebiger Reichhaltigkeit. Ich sehe nicht, weshalb so seltsam gearteten Wesen die Anschauung einer Hand mit fünf Fingern unmöglich sein sollte, und weshalb also nicht auch die allgemeine Vorstellung der Fünfheit, mit demselben Inhalt, den sie für uns hat, in ihrem zeitlosen Denken eine Rolle spielen könnte.

Plausibler und der Wahrheit näher kommend ist eine andere Ansicht, die die Vorstellung der Zahl aus dem Bewußtsein von Verschiedenheit ableitet (Jevons). Vielheit, sagt sie, entsteht da und nur da, wo wir Verschiedenheit bemerken. Wenn drei Münzen so vollständig miteinander übereinstimmten, daß sie zur selben Zeit denselben Ort einnähmen, so wären sie nicht mehr drei Münzen, sondern eine. Die Schläge eines Pendels mögen einander so ähnlich sein, daß wir keine Verschiedenheit zwischen ihnen entdecken können;

sollen sie gezählt werden, so muß der eine vorangehen und der andere nachfolgen. Die Verschiedenheit kann auch eine bloß qualitative sein, wie wenn wir z. B. Farbe, Härte und Gewicht ein und desselben Stückes Gold unterscheiden; aber wenn die Dinge nicht wenigstens in einer dieser drei Beziehungen, räumlich, zeitlich oder qualitativ differieren, so entsteht auch kein Bewußtsein von Vielheit. Zahl nun ist nichts als die abstrakte Vorstellung von Verschiedenheit, ihre leere Form ohne den konkreten Inhalt, an dem sie in jedem Einzelfalle zur Anschauung kommt. Die Zahl „drei" behauptet die Existenz von drei unterscheidenden Eigentümlichkeiten, ohne deren nähere Beschaffenheit anzugeben; sie enthält das, worin drei Töne mit drei Farben hinsichtlich ihrer bloßen Unterscheidbarkeit übereinstimmen.

Ohne Zweifel ist das alles richtig, aber es ist doch nur die eine Seite der Sache. Zahl ist nicht ohne Verschiedenheit, aber sie ist deshalb nicht einfach identisch mit der abstrakten Vorstellung von dieser. Wie kämen soviele Sprachen dazu, beides voneinander zu unterscheiden, wenn es lediglich dieselbe Sache wäre? Die Zahl setzt Verschiedenheit voraus, etwa wie Bewegung Zeit voraussetzt, aber sie enthält zugleich noch etwas darüber hinaus, was in dem Verschiedensein an sich nicht liegt, nämlich die Zusammenschließung des Verschiedenen, seine Bindung zu einer Einheit. Man kann sich denken, daß die mannigfachsten größeren und kleineren Verschiedenheiten wahrgenommen werden, daß aber die einzelnen Dinge alle gleich fremd und teilnahmlos nebeneinander bleiben. Dann wird sich eine abstrakte Vorstellung „Verschiedenheit" zwanglos bilden können, aber für die Bildung der Vorstellung „Zahl" ist keine Möglichkeit gegeben. Daß der Mensch auch zu dieser gelangt, liegt daran, daß er unter Umständen sinnlich anschauliche Eindrücke von einheitlich zusammengehenden Verschiedenheiten bekommt und dann von deren mannigfachen Besonderheiten allmählich abstrahieren lernt. Wie sich das im einzelnen gestaltet hat, aus welchen Anlässen sich zuerst die Vorstellung der „Zwei" entwickelt hat und wie dann aus diesem Fundament aller Zahlen allmählich das Übrige, gehört nicht mehr hierher.

B. Allgemeine Beziehungen zwischen Empfindungen und äußeren Reizen.

An den objektiven Dingen, durch deren Einwirkung auf den Organismus die Empfindungen im allgemeinen hervorgebracht werden, pflegt die physikalische Betrachtung bekanntlich dreierlei zu unter-

scheiden, Raum, Zeit und Masse, wobei zugleich zu bemerken ist, daß die Masse zumeist nicht als solche empfindungerzeugend wirkt, sondern nur als bewegte Masse, nach Verhältnis der durch ihre Bewegung entstehenden Energie. Eine umfassende Untersuchung der Abhängigkeitsbeziehungen zwischen dem Subjektiven und Objektiven wird sich zweckmäßig an diese Unterscheidung halten und nun festzustellen suchen, in welcher Weise die verschiedenen Eigenschaften der Empfindungen bedingt werden von der räumlichen Ausdehnung und der räumlichen Anordnung der Reize, von ihrer Dauer, ihrer Periodizität oder dem gleichzeitigen Auftreten mehrerer Reize, und endlich von der Intensität der Reizvorgänge. Was in diesen verschiedenen Hinsichten im einzelnen an wichtigeren Tatsachen bekannt ist, ist oben bei der Besprechung der verschiedenen Empfindungsarten gleich hinzugefügt worden. Durch diese Zersplitterung aber, die zunächst nicht zu umgehen war, sind wichtige allgemeine Gesichtspunkte nicht zu ihrem Recht gekommen. Unbeschadet nämlich der sehr verschiedenen Gestaltung jener Abbhängigkeiten auf den einzelnen Empfindungsgebieten gibt es doch auch für sie gewisse gemeinsame, auf allen oder fast allen Gebieten wiederkehrende Züge, die in dem bisherigen häufig berührt wurden, aber nirgends im Zusammenhange behandelt werden konnten. Das soll jetzt geschehen. Es sind ihrer im wesentlichen drei: eine allgemeine Beziehung der Empfindungen zu den genannten drei Eigenschaften des Objektiven zugleich, die sogenannte *Tatsache der Schwelle,* ihre Abhängigkeit von der Intensität der objektiven Reize (*Webersches Gesetz*) und ihre Abhängigkeit von deren Dauer (*Adaptation*).

§ 44. Die Schwelle.

Wird ein objektiver Reiz, der eine Empfindung bewirkt, in irgend einer der ihn charakterisierenden Hinsichten, also in seiner räumlichen Ausdehnung, seiner Dauer oder seiner Intensität, um einen geringen Betrag vermehrt, so folgt die Empfindung im allgemeinen nicht ohne weiteres dieser Steigerung, sondern erst, wenn die Differenz der objektiven Größen einen gewissen Minimalwert überschreitet. Der Betrag, bei dem auch auf Seiten der Empfindung eine Änderung ebenmerklich wird, kann selbst bei möglichster Festhaltung gleicher Versuchsbedingungen ziemlich verschieden sein; ja es kann gelegentlich vorkommen, daß das Vorhandensein einer kleinen Verschiedenheit behauptet wird, wenn eine objektive Änderung gar nicht stattgefunden hat. Man kann mithin nicht aus einem einzelnen oder einigen wenigen

Versuchen eine bestimmte Angabe für jenen Minimalwert gewinnen; allein wenn man eine gewisse Anzahl von Beobachtungen zusammennimmt, so findet man für ihn bei einem bestimmten Individuum und unter bestimmten Versuchsumständen immer wieder nahezu denselben Mittelwert. Man bezeichnet diesen, der also angibt, um wieviel ein objektiver Reiz vermehrt werden muß, damit im Durchschnitt mehrerer Fälle die Steigerung eben als solche erkannt werde, als die *Unterschiedsschwelle* oder den *ebenmerklichen Unterschied* des betreffenden Reizes.

Ist ein objektiver Reiz zunächst noch gar nicht vorhanden, tritt dann aber in geringer Größe auf, so gilt Entsprechendes: damit auch eine Empfindung auftrete, muß der Reiz hinsichtlich seiner Ausdehnung, Dauer und Intensität einen gewissen Minimalbetrag überschreiten, der wieder für bestimmte Umstände und im Durchschnitt mehrerer Fälle einen ganz bestimmten Wert hat. Es ist üblich, diesen Minimalwert als *Reizschwelle* oder *absolute Schwelle* von dem vorhin erwähnten zu unterscheiden; das Wesen der Erscheinung aber ist dasselbe. Wir haben, wenigstens während des wachen Zustandes, fast auf allen Sinnesgebieten fortwährend schwache Empfindungen durch sogenannte innere Reize (Herz- und Atemgeräusche, Tastreize der Bekleidung, Schwere der eigenen Glieder, Eigenlicht der Netzhaut). Es handelt sich also immer nur um geringe Zuwüchse zu schon vorhandenen und auch irgendwie wirksamen Reizen, nur daß diese das eine Mal bloß unserem Organismus entstammen, das andere Mal außer ihm auch der umgebenden Außenwelt.

Beispiele sowie numerische Angaben für absolute und Unterschiedsschwellen sind im früheren mehrfach mitgeteilt worden; immerhin sei noch an einiges erinnert. Das Zusammenschlagen zweier Blätter in der Stille des Waldes ist unhörbar; wenn ihrer aber Tausende zusammenschlagen, so entsteht ein Rauschen. An dem dunkelsten Nachthimmel sieht man nicht alle Sterne, sondern nur die hellsten; an dem Tageshimmel überhaupt keine, obwohl die mit ihnen besetzten Stellen jederzeit objektiv heller sind als ihre Umgebung. In reinschmeckendem Trinkwasser vermag der Chemiker stets noch eine ganze Anzahl von Salzen oder Säuren nachzuweisen, allein man merkt nichts davon, solange die Menge jedes Bestandteils sehr klein ist. Um leise Geräusche, leichte Gewichte, schwache Gerüche usw. zu entdecken oder gegeneinander abzuschätzen, bedarf man einer gewissen Zeit; man muß wiederholt hinhören, abwägen usw. Die Temperatur von Badewasser prüft man besser mit der ganzen Hand als bloß mit dem Zeigefinger; Kleiderstoffe vergleicht man sicherer am Stück als nach kleinen Proben; Getränke, die man genau kosten

will, schlürft man, d. h. man läßt sie langsam und in möglichster Ausbreitung über die Zunge laufen.

Zum richtigen Verständnis dieser Tatsache der Schwelle ist nun vor allem folgendes zu beachten. Wenn man von der Beobachtung eines beliebigen Reizes ausgeht und diesen allmählich wachsen läßt, so erfolgt eine Steigerung der Empfindung im allgemeinen ruckweise. Die einzelnen Sprünge sind bald etwas größer, bald etwas kleiner; bei wiederholter Beobachtung ergeben sich für sie in bestimmten Gegenden der Reizgrößen bestimmte Mittelwerte, die in ihrer Gesamtheit auf der Reizskala ein System sozusagen von Umschlagspunkten für die Empfindung bilden. Diese Umschlagspunkte aber haben nun nicht etwa ein für allemal eine feste Lage auf der Skala der Reizwerte, sondern sie sind durchaus gebunden an die Lage des Ausgangsreizes. Wählt man diesen anders, so verschiebt sich auch das ganze System der die Schwellenwerte abgrenzenden Reizgrößen. Muß beispielsweise der Reiz 1000 im Durchschnitt auf 1010 gesteigert werden, damit die Zunahme eben bemerklich werde, so bildet diese Größe nicht auch die Schwelle für die zwischenliegenden Reize 1003 oder 1007, sondern sie rückt für diese etwa auf 1013 und 1017. Daraus ergibt sich zugleich, daß, wenn auch in dem besonderen Fall einer allmählichen Steigerung der objektiven Reize die Empfindungszunahme als eine diskontinuierliche Funktion der Reizzunahme erscheint, dies doch nicht als eine allgemeine Eigentümlichkeit ihrer Abhängigkeit von dem Objektiven bezeichnet werden darf. Wenn man vielmehr nicht so verfährt wie in jenem besonderen Falle, so stellt sich die Empfindung, wie sich eben an der Verschiebung der Schwellenwerte zeigt, auf zwei noch so wenig voneinander verschiedene Reize stets auch selbst mit etwas anderen Werten ein; sie ist also im allgemeinen mit den Reizen durchaus stetig veränderlich.

Bemerkenswert ist ferner noch dies. Die drei Beziehungen, in denen von Schwellenwerten gesprochen werden kann (Intensität, Dauer und Ausdehnung der Reize), sind nicht ganz unabhängig voneinander, sondern stehen in einer gewissen wechselseitigen Abhängigkeit: wenn in einer Hinsicht eine Zunahme stattfindet über das zum Zustandekommen der Empfindung erforderliche Minimum hinaus, so ist in den beiden anderen eine Verminderung zulässig. So sehen wir selbst völlig punktförmige Reize wie die Fixsterne und unterscheiden auch ihre Farben; Lichtintensität und Farbenunterschiede müssen aber mehrfach größer sein als bei Flächen von einiger Ausdehnung. Umgekehrt wird an dem dunklen Nachthimmel infolge seiner Ausdehnung noch eine Spur seiner blauen Färbung erkannt, während Sterne von geringerer als sechster Größe, die doch objektiv immer noch heller sind als der

dunkle Grund, nicht mehr wahrgenommen werden. Auch bei äußerst kurzdauernder und zugleich so schwacher Beleuchtung, daß dabei positive Nachbilder nicht merklich werden, wie z. B. beim Wetterleuchten, unterscheiden wir noch Gegenstände; sie müssen nur verhältnismäßig groß sein und sich gut von ihrem Hintergrunde abheben. Daß innerhalb gewisser Grenzen die zeitliche Wiederkehr und auch die räumliche Ausdehnung objektiver Reize einen ähnlichen Erfolg haben können wie die Vermehrung ihrer Intensität, sahen wir schon früher gelegentlich (Summation der Reize S. 113, Wirkung ausgedehnter Temperaturreize S. 360); das gleichartige Verhalten der Schwellenreize ist also wohl verständlich. Nur müssen dadurch offenbar bei genaueren Angaben über Schwellenwerte die drei mehrgenannten Momente stets gleichzeitig berücksichtigt werden.

Die Erscheinung der Schwelle zeigt sich, wie vorhin beschrieben, wenn man objektive Reize so lange verändert, bis die hervorgerufene Empfindung einer bestimmten festgehaltenen Vorstellung, der einer eben merklichen Verschiedenheit, entspricht, wenn man also nach der Methode der Reizfindung verfährt, wie sie oben (S. 91) genannt wurde. Man kann fragen, wie sich die Dinge verhalten, wenn man die Untersuchung nach der Methode der Urteilsfindung anstellt, wenn man also verschiedene Reizpaare teils mit geringeren, teils mit größeren, aber immer mit denselben Differenzen vorführt und zu ihnen je die passenden Urteile sucht. Dann scheint unter Umständen eine Schwelle zu fehlen; falls man nämlich, wie es meist geschehen ist, die abzugebenden Urteile bloß auf solche der Gleichheit, des Größerseins und des Kleinerseins einschränkt. Wie früher (S. 87) dargelegt, findet man bei dieser Methode nicht etwa, daß mehrere Reizpaare von kleineren Verschiedenheiten bloß als gleich beurteilt werden und dann plötzlich bei einer gewissen mäßigen Größe der objektiven Differenz die Urteile „größer" anfangen, sondern innerhalb eines weiten Gebietes zu beiden Seiten der Gleichheit fallen auf jedes Reizpaar Urteile aller drei Kategorien zugleich, nur je in verschiedenen Verhältnissen ihrer Anzahl, und erst bei einer relativ großen Abweichung von der Gleichheit treten die allmählich immer zahlreicher gewordenen Urteile „größer" allein auf. Unter jenen Verhältnissen der Urteilszahlen nun scheint keins vor den anderen sich als besonders charakteristisch auszuzeichnen; der Grenzwert aber, bei dem zuerst alle Urteile objektiv richtig ausfallen, kann auf keine Weise mit dem nach dem Verfahren der Reizfindung gewonnenen Schwellenwert identifiziert werden. Erstens ist er stets erheblich größer als dieser und zeigt zu ihm keinerlei einfache Beziehung, und zweitens ist er nicht genügend konstant. Bei weiterer Ausdehnung der Versuche kommt es immer wieder vor, daß der bis dahin gewonnene Grenzwert durch einige ganz aus den übrigen herausfallende Urteile nach oben verschoben wird. Man sieht sich daher doch wieder auf die Verhältniszahlen der Urteile und die ihnen zugehörigen Reizdifferenzen zurückgewiesen, und bei näherer Untersuchung hat sich denn in der Tat für eine von diesen eine sehr einfache Beziehung zu dem Schwellenwert herausgestellt. Das ist die Differenz, für welche die objektiv richtigen Urteile „größer" den objektiv falschen Urteilen „gleich" und „kleiner" an Zahl gerade gleich sind, also 50 % aller abgegebenen Urteile ausmachen. Bei einer gewissen Art der Schwellenbestimmung (nämlich der S. 81/2 auseinandergesetzten) ist diese

Differenz, wie schon S. 88 erwähnt, direkt gleich dem so gewonnenen Schwellenwert. Wird die Schwelle dagegen anders bestimmt, nämlich in der S. 89 empfohlenen Weise, durch Vergleichung des Mittelwertes der Gleichheitsurteile mit dem Mittelwert der auf „ebengrößer" lautenden Urteile, so gilt eine andere einfache Beziehung: jene in 50 % aller Fälle objektiv richtig beurteilte Differenz ist dann mit großer Annäherung gerade halb so groß wie die Unterschiedsschwelle. In Untersuchungen über die Genauigkeit des Augenmaßes, die zur Vergleichung der verschiedenen Methoden angestellt wurden, fand ich z. B.

hei Strecken von	30	50	80	120	mm
durchschnittlich als ebengrößer erkennbar Strecken von . . .	31,20	51,05	81,90	124,09	„
50 % richtige Urteile bei . . .	30,59	50,54	80,96	122,12	„

Die Differenzen zwischen den Normalstrecken und den ebenmerklich verschiedenen sind durchweg gerade doppelt so groß wie die Differenzen zwischen den Normalstrecken und den 50 % richtige Urteile ergebenden.

Daß das nicht zufällig hier einmal der Fall ist, sondern allgemein der Fall sein muß, läßt sich mit elementaren Mitteln anschaulich erläutern. Ein bestimmter Reiz werde viele Male mit anderen von verschiedener Größe verglichen; es werde aber bei jeder Vergleichung bloß geurteilt, ob der Vergleichsreiz dem Normal-

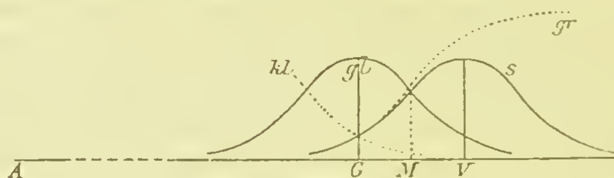


Fig. 49.

reiz gleich oder ebengrößer als er erscheine. Die verschiedenen in Vergleich gezogenen Reize seien repräsentiert durch verschiedene, stets von *A* aus gerechnete Strecken der Abszisse *A G V* in Fig. 49. Ordnet man nach beendigtem Verfahren die erhaltenen Gleichheitsurteile nach der Größe des einem jeden zugehörigen Reizes, so erhält man in graphischer Darstellung die über *G* errichtete Gleichheitskurve *gl* der Figur, deren Ordinaten angeben, wie oft verhältnismäßig der der Abszisse entsprechende Reiz als gleich beurteilt ist. Die Ebenmerklichkeitsurteile, ebenso behandelt, liefern die über *V* errichtete Schwellenkurve *s* mit entsprechender Bedeutung. Sieht man ab von konstanten Fehlern, so repräsentiert *A G* gleichzeitig den Normalreiz und *G V* also die Unterschiedsschwelle. Da nun die Genauigkeit, mit der ebenmerkliche Verschiedenheit beurteilt wird, nach einiger Übung annähernd ebensogroß ist, wie die der Beurteilung von Gleichheit, so sind die beiden Kurven *gl* und *s* annähernd kongruent. Dann folgt aber ohne weiteres, daß der Abszissenpunkt *M*, für den die objektiv richtigen Urteile „ebengrößer" die Hälfte aller Urteile ausmachen, d. h. der Punkt, in dessen Ordinate sich beide Kurven schneiden, gerade in der Mitte zwischen *G* und *V* liegen, den ebenmerklichen Unterschied also gerade halbieren muß. Nun sind die Verhältnisse nicht ganz so einfach, wenn nicht „ebengrößer", sondern „größer" im allgemeinen geurteilt wird. Aber die diesen Urteilen entsprechende Kurve *gr* fällt doch in der Nähe der Gleichheit noch nahezu mit der Schwellenkurve zusammen und erhebt

sich nur wenig über sie. Außerdem aber treten dann, gewissermaßen als Kompensation für den kleinen Überschuß der Urteile „größer" über „ebengrößer" in der Nähe von M, zu den objektiv falschen Gleichheitsurteilen auch noch einige Urteile „kleiner" hinzu (Kurve kl der Figur) und im ganzen werden somit die Verhältnisse auch nach Vervollständigung der Betrachtung nicht wesentlich anders.

Über die objektive Grundlage der Tatsache der Schwelle hat Fechner Vermutungen aufgestellt, die sie in eine Beziehung bringen zu dem sogleich zu besprechenden Weberschen Gesetz. Nach meiner Auffassung stehen diese Dinge in keinem inneren Zusammenhang; ich kann jedoch erst später (S. 535) darüber kurz orientieren. Mir scheinen die besprochenen Erscheinungen vielmehr auf analoge Vorgänge innerhalb der nervösen Prozesse hinzuweisen, wie wir sie auf mechanischem Gebiete als Reibung kennen. Auch die Magnetnadel eines Galvanoskops oder der Zeiger eines Aneroidbarometers folgen nicht jeder kleinsten Veränderung der auf sie einwirkenden Kräfte mit einer Änderung ihrer Lage, sondern immer erst, wenn jene Änderungen die zur Überwindung der bestehenden Reibung erforderliche Größe erlangt haben, und dann gleich mit einem kleinen Sprung. So ähnlich wird man sich denken müssen, daß die nervösen Gebilde den Änderungen ihres jeweiligen Ruhe- oder Erregungszustandes einen gewissen Widerstand entgegensetzen, natürlich von ganz anderer Art als in den eben gebrauchten Beispielen, und daß sie erst nach dessen Überwindung sich sozusagen ruckweise in den neuen von ihnen verlangten Gleichgewichtszustand einstellen. Worin dieser Widerstand besteht, und wo er seinen eigentlichen Sitz hat, ob innerhalb der einzelnen nervösen Elemente, oder an den Übergangsstellen der Erregung von einem Element auf ein anderes, oder auch schon in den Aufnahmeapparaten, läßt sich einstweilen nicht einmal vermutungsweise näher angeben.

Zur Erklärung des Bestehens einer Schwelle nicht nur bei kontinuierlich veränderten, sondern auch bei aufeinander folgenden Reizen, die durch eine kleine Pause voneinander getrennt sind, wäre dann noch eine weitere Annahme erforderlich. Eine nervöse Erregung, die durch einen beliebigen Reiz hervorgebracht wird, müßte für eine kleine Weile hinterher eine Art Beharrungstendenz haben, d. h. die Tendenz, leichter in der eben dagewesenen Form wiederzukehren als in einer anderen, davon abweichenden Form. Bei der Einwirkung eines nur wenig verschiedenen objektiven Reizes würde also die Erregung noch nicht ohne weiteres eine andere werden, sondern erst wenn die objektive Verschiedenheit eine gewisse Größe überschreitet. Wir werden weiterhin noch anderen Erscheinungen begegnen, die eine solche Annahme nahelegen; ich unterlasse es aber, sie hier weiter zu verfolgen.

§ 45. Das Webersche Gesetz. Die Tatsachen und ihre Formulierung.[1]

Mit wachsender Intensität der objektiven Reize wächst auch in völlig stetiger Weise die Stärke der zugehörigen Empfindungen. Abgesehen von den äußersten Grenzen des Empfindens, sowie von besonderen Gebieten, auf denen, wie z. B. bei den Kälteempfindungen, die Steigerung der Empfindung vielmehr auf einer Verminderung des Objektiven beruht, besteht durchweg, wie allbekannt, diese Abhängigkeit. Allein wenn man sich nun nicht daran genügen lassen möchte, sie bloß so allgemein und unbestimmt auszudrücken, sondern sie genauer zu formulieren wünschte, wie hätte man zu sagen? Die Verlängerungen eines elastischen Körpers durch angehängte Gewichte geschehen proportional diesen Gewichten; die zur Ablenkung einer Magnetnadel erforderlichen elektrischen Stromstärken wachsen proportional den Tangenten der Ablenkungswinkel; durch welche Funktion würde in entsprechender Weise die Abhängigkeit der Empfindungsstärken von den Reizintensitäten ausgedrückt werden? Die Antwort auf diese Frage ist von G. Th. Fechner gegeben worden; sie bildete den ersten Versuch einer auf Tatsachen gegründeten exakten Formulierung psychischer Gesetzmäßigkeit und hat dadurch einen weit über ihren besonderen Inhalt hinausreichenden und für die ganze Psychologie fruchtbaren Anstoß gegeben. Ihre Darlegung geschieht am besten von einem anderen Ausgangspunkte aus als bei Fechner.

---

[1] Von allgemeinerer Bedeutung für diesen und den nächstfolgenden Paragraphen sind u. a. folgende Arbeiten: G. Th. Fechner, Elemente der Psychophysik, 2 Teile, 1860; 2. unv. Aufl. 1899. In Sachen der Psychophysik; 1877. Revision der Hauptpunkte der Psychophysik; 1882. Die psychischen Maßprinzipien und das Webersche Gesetz. Philos. Stud. 4 S. 161; 1888. Delboeuf, Etude psychophysique; 1873. (2. Abdr. in Eléments de psychophysique 1883). La loi psychophysique etc. Revue philos. 5 S. 34; 1878. G. E. Müller, Zur Grundlegung der Psychophysik; 1878. Wundt, Physiolog. Psychologie[5] 1 S. 493. v. Kries, Über die Messung intensiver Größen und das sog. psychophysische Gesetz. Vierteljahrsschr. f. wiss. Philos. 6 S. 257; 1888. Grotenfelt, Das Webersche Gesetz und die psychische Relativität; 1888. Ebbinghaus, Über negative Empfindungswerte. Zeitschr. f. Psychol. 1 S. 320 u. 463; 1890. Lange, Über das Maßprinzip der Psychophysik usw. Philos. Stud. 10 S. 125; 1894. Meinong, Über die Bedeutung des Weberschen Gesetzes. Zeitschr. f. Psychol. 11 S. 81, 230 u. 353; 1896. — Die Sonderarbeiten zu den verschiedenen Empfindungsgebieten, soweit sie nicht in den vorstehend oder weiterhin genannten Abhandlungen enthalten sind, finden sich ziemlich vollständig in den Fechnerschen Schriften, bei G. E. Müller und Wundt aufgeführt.

A



B



Fig. 50. Stufenfolge von Helligkeiten.

A bei gleichen Differenzen,

B bei annähernd gleichen Quotienten der objektiven Lichtintensitäten.

(Das dunkelste Feld jeder Reihe wird durch die Reproduktion nicht schwarz genug wiedergegeben.)

Verlag von VEIT & COMP. in Leipzig.

1. Übermerkliche Empfindungssteigerung. Schon aus der täglichen Erfahrung ist genügend bekannt, daß die Steigerung von Empfindungen mit der Zunahme der sie verursachenden Reizintensitäten keineswegs gleichen Schritt hält, sondern viel langsamer erfolgt als diese. Wird in einem völlig dunklen Saal die erste Flamme einer darin hängenden Gaskrone angezündet, so erfolgt eine bedeutende Aufhellung der Wände, Möbel usw. des Raumes. Beim Anzünden der zweiten Flamme findet eine weitere Aufhellung statt, die aber, obschon objektiv ganz gleich jener ersten, doch subjektiv einen schwächeren Eindruck macht. Brennen schließlich bereits 25 solcher Flammen, so wird das Hinzukommen einer sechsundzwanzigsten an dem Reflex der Wände usw. kaum noch bemerkt, während die lebendige Kraft der von hier zurückgeworfenen Ätherwellen wieder um gerade soviel zugenommen hat wie beim Anzünden des ersten Lichtes oder beim Hinzukommen des zweiten.

Die gleiche Tatsache zeigt anschaulich Fig. 50*A*. Die hier dargestellten sechs Glieder der Farbenreihe Schwarz—Weiß haben objektiv gleiche Helligkeitsdifferenzen, d. h. um jedes dunklere Feld auf die Helligkeit des nächstbenachbarten helleren zu bringen, müßte man seine objektive Belichtung stets um die gleiche Anzahl von Helligkeitseinheiten verstärken. Die unmittelbaren Eindrücke aber verraten nichts von diesem gleichmäßigen Fortschreiten des Objektiven; vielmehr zeigen sie entschieden eine von dem Dunklen nach dem Hellen zu rasch abnehmende Größe der Abstufungen. Die beiden dunkelsten Schattierungen heben sich sehr stark voneinander ab, die beiden hellsten nur noch sehr wenig; die mittleren Stufengrößen führen allmählich über von dem einen Extrem zu dem anderen. Gleiche objektive Intensitätsdifferenzen bewirken also eine immer geringere Steigerung der Empfindungen, je größer die Intensitäten bereits sind, zu denen sie hinzutreten.

Eine genauere, d. h. womöglich zahlenmäßige, Angabe über die verschiedene Größe dieser Empfindungsstufen ist uns nun freilich nicht möglich und die gewünschte exakte Formulierung des zwischen ihnen und den Reizintensitäten bestehenden Verhältnisses somit auf diesem Wege nicht zu gewinnen. Aber man kann folgende Frage stellen: um welche Beträge müssen die objektiven Intensitäten sich unterscheiden, damit die Abstufungen der zugehörigen Helligkeitsempfindungen durch die ganze Skala hindurch subjektiv die gleiche Größe haben? Leute, die berufsmäßig viel mit Farben und Farbenunterscheidungen zu tun haben, wie Maler, Färber, Stickerinnen, vermögen solche Reihen gleichmäßig abgestufter Helligkeiten unschwer herzustellen oder aus anderen herauszusuchen, abstrakt beschäftigte

Gelehrte natürlich erst nach einiger Übung. Fig. 50 *B* gibt eine ungefähre Anschauung von dem, was gemeint ist; die dunkleren Glieder der Reihe stechen hier weniger voneinander ab als bei *A*, die helleren mehr, und im ganzen wird man die Steigerung der Helligkeitsempfindung von jedem Gliede zu dem nächstbenachbarten durch die ganze Reihe hindurch etwa gleich groß finden. Bestimmt man nun in einem solchen Falle photometrisch die Größe der objektiven Lichtintensitäten, so findet sich das einfache Resultat, daß je zwei aufeinander folgende Werte von diesen stets annähernd denselben Quotienten ergeben. Bei einer Auswahl z. B. von acht äquidistanten Helligkeiten aus der, allerdings beschränkten und noch keine genügende Freiheit erlaubenden, Anzahl von 50 Schattierungen fand ich vom Dunklen zum Hellen die aufeinander folgenden Quotienten:

2,3 2,1 2,1 1,8 1,7 1,7 2,0.

Worin die Annäherung besteht, zeigen diese Zahlen: die Reihe der Quotienten ist nicht völlig konstant, sondern diese erreichen (als unechte Brüche ausgedrückt) in einer gewissen mittleren Helligkeitsgegend ein Minimum, um von hier aus nach beiden Seiten allmählich zuzunehmen. Auf die Größe der jedesmal zugrunde gelegten Empfindungsstufen aber kommt es dabei nicht an; man kann sie in einem Versuch etwas größer, in einem anderen etwas kleiner nehmen und gelangt doch stets zu demselben Resultat. Die gesuchte Gesetzmäßigkeit läßt sich demnach (zunächst für das Gebiet der Helligkeiten) dahin aussprechen, daß für eine gleichmäßig, d. h. in gleichen Abstufungen, fortschreitende Steigerung der Empfindungsstärken die zugehörigen Reizintensitäten annähernd eine geometrische Progression bilden.

Statt, wie hier geschehen, an irdischen kann man diese Gesetzmäßigkeit auch an himmlischen Helligkeiten ablesen. Wie schon früher erwähnt (S. 72), ist für die Einteilung der Sterne in Größenklassen das bestimmende Prinzip dies, daß die Helligkeitsabstufungen zwischen zwei benachbarten Klassen durchweg den Eindruck gleicher Größe machen. Andererseits hat die photometrische Messung der Sterne ergeben (S. 83), daß die objektiven Lichtintensitäten der aufeinander folgenden Größen stets annähernd gleiche Vielfache voneinander sind. Auch hier also zeigt sich, daß zur Hervorbringung einer gleichmäßigen Steigerung des Subjektiven die erforderlichen objektiven Intensitäten in einer geometrischen Progression zunehmen müssen.

Was Untersuchungen dieser Art sehr erschwert, ist namentlich der Einfluß des Kontrastes, den die verschiedenen Helligkeiten wechselseitig aufeinander ausüben und den sie zugleich von ihrem gemeinsamen Grunde erleiden. Er kann weder beseitigt noch bei unserer ungenügenden Kenntnis dieser Verhältnisse

genau in Rechnung gestellt werden. Aber einer Übertragung des Verfahrens auf andere Empfindungsgebiete stellen sich noch größere Schwierigkeiten entgegen, u. a. deshalb, weil die miteinander zu vergleichenden Empfindungen im allgemeinen nicht mehr gleichzeitig, sondern nur nacheinander gegeben werden können. Dadurch wird die Herstellung gleicher Abstufungen ihrer Stärkegrade außerordentlich erschwert, zugleich gewinnen störende Einflüsse, wie z. B. Erwartung und Gewöhnung, große Bedeutung und verändern die Resultate je nach dem gewählten Gange des Vergleichungsverfahrens in verschiedener Weise. Mehrfach untersucht sind die Verhältnisse bei Schallstärken, und einzelne Beobachter (u. a. Angell, Philos. Stud. 7 S. 414) haben hier ein dem Befunde bei Helligkeiten ganz entsprechendes Verhalten konstatieren können. Von anderer Seite indes (Merkel, Philos. Stud. 4 S. 245 und 499) liegen auch abweichende Ergebnisse vor, aber eine kritische Erörterung dieses Widerspruchs würde hier zu weit führen. Bei der Beurteilung von Gewichten ergeben sich beim Aufsteigen von leichteren zu schwereren Gewichten vollständig andere Stufengrößen als umgekehrt beim Absteigen von schwereren zu leichteren (Fröbes, Zeitschr. f. Psychol. **36** S. 244).

2. Ebenmerkliche Empfindungssteigerungen. Das gewöhnlich eingeschlagene Verfahren zur Ermittelung der Gesetzmäßigkeit der Empfindungszunahme, das zugleich auch zeitlich das zuerst angewandte war, besteht in der Benutzung ebenmerklicher Empfindungsverschiedenheiten, also in der Aufsuchung derjenigen Reizintensitäten, welche für das Bewußtsein gerade eben eine Steigerung der Empfindung bewirken. Es gestattet eine viel weitere Ausdehnung der Untersuchung über andere Empfindungsgebiete wie auch über größere Verschiedenheiten der Reizintensitäten als das vorhin beschriebene, dafür aber ist die Deutung des mit ihm gewonnenen Resultates eine weniger einfache und anschauliche.

Die erste Formulierung dieses Resultates geht schon auf E. H. Weber (1834) zurück. Nach den Ergebnissen einiger weniger Gewichts- und Augenmaßversuche stellte er gewissermaßen vorahnend den Satz auf, daß derjenige Reizzuwuchs, der eben als solcher bemerkt werde, stets ein gleicher Bruchteil des Reizes sei, zu dem er hinzukomme. Die eigentliche Begründung aber verdanken wir Fechner. Auf Grund der umfassendsten eigenen Versuche sowie einer sorgfältigen Heranziehung der zugehörigen Angaben anderer dehnte er die Webersche Behauptung einerseits aus über die verschiedensten Empfindungsgebiete und schränkte sie andererseits ein für extreme Reizintensitäten. Seinem Vorgänger zu Ehren bezeichnete er die gefundene Beziehung als *Webersches Gesetz* und formulierte dieses so: abgesehen von extrem hohen und extrem niedrigen Werten der objektiven Reize werden gleichgroße (nämlich ebenmerkliche) Empfindungszuwüchse stets durch gleichgroße relative Reizzuwüchse hervorgebracht, wie sich auch die absolute

Größe der Reize ändern möge. Gesetzt z. B., in irgend einem Gebiet erfordere ein Reiz von der Intensität 20 eine Zunahme auf 21, damit die Steigerung ebenmerklich werde, so würde ein Reiz 100 auf 105, ein solcher von der Intensität 500 auf 525 wachsen müssen, damit derselbe Erfolg eintritt.

Die zahlreichen Untersuchungen, die seitdem der Frage gewidmet worden sind, haben die Fechnersche Behauptung im wesentlichen bestätigt. Einzelheiten für verschiedene Empfindungsgebiete sind bereits früher erwähnt worden, so für Helligkeiten (S. 223), Schallstärken (S. 302), Bewegungsempfindungen der Arme (S. 390), Schwereempfindungen (S. 391), sowie für die Raumempfindungen des bewegten Auges (S. 473); es wird genügen, hier darauf zu verweisen. Hinzugefügt sei noch, daß das Gesetz auch für Druckempfindungen und Geschmacksempfindungen gültig zu sein scheint. Sehr verschieden ist auf den verschiedenen Gebieten der zur Hervorbringung der ebenmerklichen Empfindungssteigerung jedesmal erforderliche Bruchteil der objektiven Reize, verschieden groß auch das Gebiet mittelstarker Reize, für das diese relative Unterschiedsschwelle konstant genannt werden kann, aber hiervon abgesehen ist die durchgehende Gesetzmäßigkeit für alle jene Empfindungsarten die gleiche.

In einem Punkte nur hat sich eine gewisse Korrektur der Fechnerschen Formulierung als notwendig erwiesen. Da, wo man die Verhältnisse mit größerer Genauigkeit und für sehr verschiedene Werte der objektiven Reize hat untersuchen können, nämlich bei Helligkeiten, hat sich herausgestellt, daß das Webersche Gesetz nicht, wie Fechner sich dachte, für ein großes mittleres Gebiet von Reizen genau gültig ist und nur für kleinere Strecken am oberen und unteren Ende der Reizskala gewisse Einschränkungen erleidet, sondern daß es das tatsächliche Verhalten durchweg nur annähernd beschreibt. In einer gewissen mittleren Gegend der Reizintensitäten ist der einer ebenmerklichen Verschiedenheit zugehörige Reizquotient (ganz wie wir es vorhin bei gleich abgestuften übermerklichen Verschiedenheiten fanden) ein Minimum, und von hier aus nimmt er nach beiden Seiten, also sowohl für stärkere wie für schwächere Reize, in unverkennbarer Regelmäßigkeit zu. Völlig konstant scheint er nirgends zu sein; er kann nur für kleinere Strecken der Reizskala und namentlich in der Nachbarschaft jenes Minimalwertes als annähernd konstant gelten.

Als Beispiel sei eine der ausgedehntesten Versuchsreihen angeführt, die wir besitzen, nämlich eine Untersuchung der Unterschiedsempfindlichkeit für Helligkeiten von König und Brodhun (Sitzungsber. d. Berl. Akad. d. Wiss. v. 26. Juli 1888 u. 27. Juni 1889). Die von diesen Beobachtern gefundenen Unterschiedsschwellen

sind allerdings auffallend groß; der Minimalwert ist etwa doppelt so groß als der nach anderen Methoden erhaltene; aber da das zweifellos eine Folge des gewählten Verfahrens, der Beobachtung an einem Spektralapparat, ist (s. S. 223/4), so wird die Beziehung der verschiedenen Werte zueinander davon nicht berührt. Vereinigt man die sämtlichen von beiden Beobachtern erhaltenen Zahlen zu Mittelwerten (s. darüber Ebbinghaus, Pflügers Archiv 45 S. 115 u. 125), so ergeben sich für die verschiedenen Lichtintensitäten (Int.) folgende Bruchteile der Reize als ebenmerkliche Unterschiede (E. U.).

Int.	E. U.	Int.	E. U.	Int.	E. U.
0,5	$1/_{3 \cdot 9}$	50	$1/_{33}$	5000	$1/_{61}$
1	$1/_{5 \cdot 7}$	100	$1/_{40}$	10000	$1/_{60}$
2	$1/_{8 \cdot 3}$	200	$1/_{45}$	20000	$1/_{57}$
5	$1/_{14 \cdot 4}$	500	$1/_{51}$	50000	$1/_{47}$
10	$1/_{21}$	1000	$1/_{57}$	100000	$1/_{34}$
20	$1/_{27}$	2000	$1/_{59}$	200000	$1/_{26}$

Die Helligkeit 1, in der hier die objektiven Reize gemessen sind, erhält man ungefähr, wenn man das Licht einer gewöhnlichen guten Stearinkerze aus einer Entfernung von $3/4$ Meter auf ein möglichst weißes aber stumpfes Papier fallen läßt und dieses dann durch ein kleines Loch von 1 qmm Größe betrachtet. Die Helligkeit 2000 entspricht demnach etwa der Belichtung jenes Papiers aus derselben Entfernung von einer 2000 Kerzen starken unverhüllten elektrischen Bogenlampe, die Helligkeit 200000 der gleichen Belichtung aus der Entfernung einer knappen Handbreite. Die gefundenen Zahlen zeigen deutlich, daß von einer genauen Konstanz des ebenmerklichen Unterschiedes höchstens in dem kleinen Intervall von 2000 bis 10000 die Rede sein kann, wo dieser Wert zugleich sein Minimum erreicht, daß er aber von hier aus nach beiden Seiten allmählich und mit großer Regelmäßigkeit immer größer wird.

3. Gesamtresultat. Wir haben jetzt zwei etwas verschiedene Tatsachen kennen gelernt. Die eine kann mit Sicherheit nur für das Gebiet der Helligkeiten behauptet werden: bei Herstellung einer Reihe verschieden starker aber möglichst gleichmäßig abgestufter Empfindungen bilden die zugehörigen objektiven Reize annähernd eine Reihe gleicher Quotienten. Die andere gilt für eine größere Anzahl von Empfindungsgebieten: ebenmerkliche Empfindungssteigerungen werden durch Reizzuwüchse hervorgebracht, die mit den Ausgangsreizen wiederum annähernd stets gleiche Quotienten bilden. Es fragt sich, wie sich diese beiden Befunde zueinander verhalten.

Nach Fechner sind sie ohne weiteres zu identifizieren; er hält sie daher auch bei seiner Formulierung des Weberschen Gesetzes kaum auseinander. Ebenmerkliche Empfindungsverschiedenheiten sind für ihn durchweg gleiche Empfindungsstufen. Es sind die kleinsten Stufen, die sich herstellen lassen, aber da sie alle in gleicher Weise,

nämlich gerade eben, merklich sind, sind sie auch alle als gleich zu betrachten. Zum Überfluß glaubte er auch bei seinen Versuchen direkt darauf geachtet zu haben, daß das Ebenmerkliche immer nur als ein möglichst gleich Erscheinendes verwirklicht worden sei. Unter dieser Voraussetzung aber fallen unsere beiden Gesetzmäßigkeiten in der Tat zusammen. Die eine handelt von gleichen Empfindungsstufen einer beliebig größeren Merklichkeit, die andere von gleichen Stufen der geringstmöglichen Merklichkeit; was von ihnen ausgesagt wird, ist beide Male dasselbe.

Allein die Fechnersche Gleichsetzung ist mehrfach angegriffen worden. Verschiedenes Ebenmerkliche, hat man gesagt, sei gewiß stets in gleicher Weise merklich, es erscheine als etwas, was nicht weiter verringert werden könne, ohne zu verschwinden. Damit aber sei durchaus noch nicht gesagt, daß es auch von gleicher Größe sein müsse. Es sei sehr wohl denkbar, daß das die Merklichkeitsgrenze gerade Überschreitende doch bei verschiedener absoluter Reizgröße sofort auch als ein verschieden Großes empfunden werde.

Man kann diesen Einwand, dessen genauere Erörterung hier zu weit führen würde, gelten lassen. Was mit ihm gemeint ist, läßt sich durch einen Hinweis auf Raumempfindungen erläutern. Die kleinsten Distanzen, die auf verschiedenen Stellen der Haut oder im direkten und indirekten Sehen eben als solche erkannt werden, erscheinen keineswegs alle als gleiche Größen. Sondern, sobald sie überhaupt als Distanzen zum Bewußtsein kommen, werden sie auch schon, in einer gewissen Annäherung an ihre objektiven Verschiedenheiten, als verschieden große Distanzen empfunden. Auch an Differentiale im mathematischen Sinne kann man erinnern. In gewissem Sinne sind diese alle gleich, nämlich kleiner als irgendeine noch so kleine angebbare Größe. Endlichen Größen gegenüber werden sie daher auch alle gleich behandelt, nämlich vernachlässigt. Gleichwohl aber dürfen sie in ihren Beziehungen zueinander durchaus nicht mehr einander gleichgesetzt werden, sondern können hier die allerverschiedensten Größen haben. Die Fechnersche Behauptung, daß er sich der Gleichheit der ebenmerklichen Verschiedenheiten durch direkte Beobachtung versichert habe, dürfte dem gegenüber nicht allzu schwer ins Gewicht fallen; denn bei der Kleinheit der in Betracht kommenden Empfindungsstufen können solche Beurteilungen keinen Anspruch auf große Genauigkeit erheben.

Trotz aller ungenügenden Begründung aber hat Fechner dennoch sachlich das Richtige getroffen. Obschon es nicht selbstverständlich ist und kaum durch direkte Beobachtung entschieden werden kann, daß ebenmerkliche Verschiedenheiten auch gleiche Empfindungs-

stufen sind, und obschon sie anderswo, z. B. bei Raumgrößen, nicht als solche betrachtet werden können, hier bei unseren Stärkeverschiedenheiten der Empfindungen muß es notwendig geschehen. Die gegenteilige Annahme würde zu widersinnigen Konsequenzen führen. Bei Empfindungen größerer Merklichkeit entsprechen nachgewiesenermaßen, zunächst für Helligkeiten, gleichen Empfindungsstufen annähernd gleiche Quotienten der objektiven Reize. Die Gleichheit der Stufen ist hier nichts Hypothetisches oder konventionell Angenommenes, sondern, unbeschadet aller Schwierigkeit der Feststellung, eine unmittelbare Empfindungs- oder Anschauungstatsache. Nun werden ebenmerkliche Verschiedenheiten, d. h. Stufen geringster Merklichkeit, auf demselben Gebiete gleichfalls durch annähernd gleiche Quotienten der Reize hervorgebracht. Wie sollte es da möglich sein, daß diese kleinsten Stufen nicht auch einander gleich, sondern von verschiedener Größe seien? Die für beliebige größere Stufen bestehende Gesetzmäßigkeit kann doch bei äußerster Verminderung der Stufengrößen nicht auf einmal umschlagen; oder wenigstens ist es doch, bis zu dem positiven Nachweise des Gegenteils, das überwiegend Wahrscheinliche, daß sie erhalten bleibt. Die Gleichheit der ebenmerklichen Helligkeitsverschiedenheiten ist also zwar nicht selbst eine unmittelbar zu beobachtende Tatsache, aber eine auf Grund der Übereinstimmung der beiden Gesetzmäßigkeiten kaum zu umgehende Annahme. Ist diese Annahme aber sicher notwendig für Helligkeiten und wahrscheinlich notwendig für Schallstärken, wie soll man sich ihr — wieder bis zu dem direkten Nachweise ihrer Falschheit — für das Gemeinsame dieser beiden Inhalte, nämlich eben für die Empfindungsstärke überhaupt, entziehen können?[1]

---

[1] Der hier vertretenen Gleichheit der ebenmerklichen Unterschiede als Empfindungsgrößen widersprechen Versuche von Ament (Philos. Stud. 16 S. 135). Dieser fand bei Ausmessung von größeren und einander gleichgeschätzten Helligkeitsstufen in ebenmerklichen Unterschieden (bei zwei von drei Beobachtern), daß die oberen, d. h. von den größeren Helligkeiten gebildeten Stufen weniger ebenmerkliche Unterschiede enthielten als die unteren, im Gebiet der geringeren Helligkeiten gelegenen Stufen. Ein ähnliches Ergebnis erhielt er bei Versuchen mit Schalleindrücken und schloß daraus, daß „man sich die Unterschiedsschwelle als eine mit den Reizen wachsende Größe vorstellen“ müsse und sie nicht als eine durchweg gleiche Maßeinheit betrachten könne. Allein die Amentschen Resultate für Helligkeiten haben bei einer Wiederholung der Versuche durch Fröbes (Zeitschr. für Psychol. 36 S. 344) keine Bestätigung gefunden. Ich selbst muß ihnen gleichfalls auf Grund einer sorgfältigen und alle Fehlerquellen berücksichtigenden Untersuchung widersprechen. Wurden zwei gleich groß erscheinende Helligkeitsstufen, von denen die eine in einer Gegend ungefähr 10fach größerer Lichtintensitäten lag als die andere, in ebenmerklichen Unterschieden (mit Hilfe rotierender Scheiben) genau ausgemessen, so ergab sich für beide un-

Die auf verschiedenen Wegen gefundenen beiden Beziehungen zwischen Empfindungsstärken und Reizintensitäten sind also in der Tat, wie Fechner richtig erkannte, nur verschiedene Fälle ein und derselben Gesetzmäßigkeit, und diese allgemein formulierend lautet das Webersche Gesetz: für eine in gleichen Stufen von beliebiger Größe fortschreitende Reihe von Empfindungsstärken bilden die zugehörigen Reize annähernd eine geometrische Reihe.

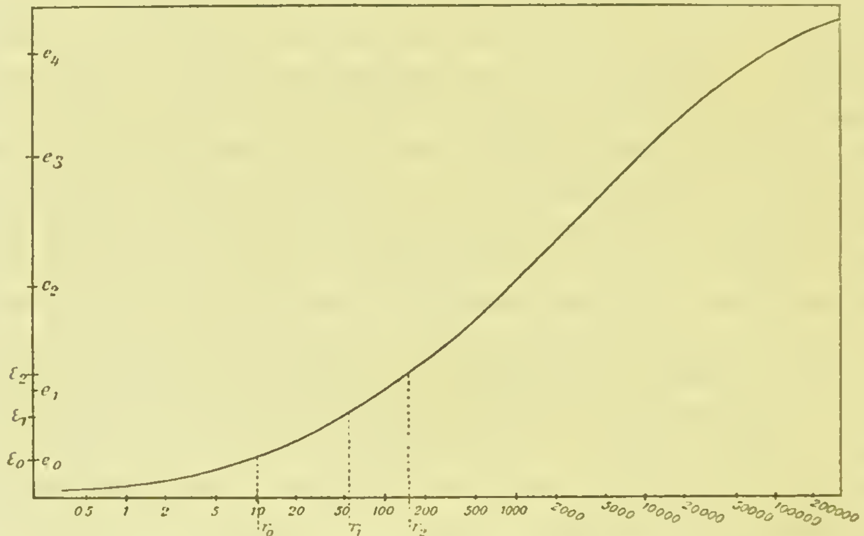


Fig. 51.[1] Abhängigkeit der Empfindungsstufen von den Reizintensitäten auf dem Gebiete des Lichtsinns.

Eine anschauliche Darstellung dieses Gesetzes auf Grund der vorhin mitgeteilten König-Brodhunschen Beobachtungsresultate für Helligkeiten gibt Fig. 51. Die Abszissen bedeuten die Reizintensitäten.

---

gefähr die gleiche Anzahl solcher Unterschiede. Auf die Unsicherheit der Herstellung gleicher Abstufungen bei Schalleindrücken wurde oben (S. 521) schon hingewiesen.

[1] Um das Konstruktionsprinzip der Kurve zu verstehen, beachte man, daß die König-Brodhunschen Beobachtungszahlen angeben, welche relativen Reizzuwüchse erforderlich sind, um stets die gleiche (nämlich ebenmerkliche) Empfindungsverschiedenheit hervorzubringen, daß sie mithin, wenn man relativ gleiche Reizzuwüchse durch gleiche Abszissenstücke und gleiche Empfindungsstufen durch gleiche Ordinaten darstellt, den trigonometrischen Tangenten der Neigungswinkel der Kurve gegen die Abszissenachse umgekehrt proportional sind. Die Kurve ist also so gezeichnet, daß, wenn man in zwei beliebigen Punkten Tangenten an sie legt und diese bis zur Abszissenachse verlängert, die abgeschnittenen Abszissenstücke dividiert durch die zugehörigen Ordinaten sich zueinander verhalten wie die König-Brodhunschen Brüche für die betreffenden Punkte. Die Einheiten für Ordinaten und Abszissen sind so gewählt, daß die Kurve in der Gegend der schärfsten Unterscheidung unter 45° ansteigt.

schreiten aber nicht, wie gewöhnlich, nach gleichen Differenzen, sondern nach gleichen Vielfachen fort, sodaß gleiche Abszissenstücke immer gleiche Vielfache der Reizintensitäten bedeuten, an die sie anschließen. Die Ordinaten bedeuten Empfindungsstufen, und zwar entsprechen gleiche Längen immer gleichgroßen Stufen. Würde das Webersche Gesetz genau gelten, d. h. wären die zu einer Empfindungssteigerung von bestimmter Stufengröße erforderlichen Reize stets genau gleiche Vielfache der Ausgangsreize, so würde die Kurve zu einer geraden Linie. In ihrer sozusagen *S*-förmigen Krümmung mit einem Wendepunkt an der Stelle der schärfsten Unterschiedsempfindlichkeit (5000) kommt die nur annähernde Richtigkeit des Gesetzes zum Ausdruck. Man sieht, daß im Grunde die Krümmung die ganze Kurve beherrscht, und daß also eigentlich die Webersche Formel ihr Bildungsgesetz überhaupt nicht wiedergibt. Zugleich aber sieht man, daß doch auch die Annäherung an die Geradlinigkeit in der Mitte der Kurve auf eine längere Strecke eine sehr große ist, und daß man sich also, bis zum Ersatz durch etwas Besseres, sehr wohl jener Näherungsformel bedienen kann.

Noch eine weitere Tatsache, die man mehrfach beobachtet hat, tritt an der Kurve sogleich anschaulich hervor. Wenn man in der niederen Gegend der Empfindungsskala, da wo die Kurve noch eine deutliche Krümmung zeigt, drei gleichmäßig abgestufte Empfindungen ε_0, ε_1 und ε_2 hervorruft, so bilden die zugehörigen Reize r_0, r_1 und r_2 nicht genau eine geometrische Progression, sondern der mittlere ist gegen den oberen hin mehr oder weniger verschoben; er liegt zwischen dem geometrischen und dem arithmetischen Mittelwert der beiden äußeren Reize. In dem in der Figur dargestellten Falle entsprechen z. B. den äquidistanten Empfindungen ε_0, ε_1 und ε_2 die Abszissenwerte 10, 52 und 150, während der geometrische Mittelwert der beiden Endglieder 38,7 sein würde. Offenbar ist diese Erscheinung, die man vielfach nicht richtig verstanden hat, eine notwendige Folge der Krümmung der Kurve, d. h. der nur annähernden Gültigkeit des Weberschen Gesetzes.

Eine Schwierigkeit ist dem Verständnis und der Anerkennung des Weberschen Gesetzes daraus entstanden, daß es in gewisser Hinsicht noch weiter gilt oder zu gelten scheint, als bloß für die Stärkegrade der Empfindungen. „Direkter als sonst irgendwo" fand Fechner seiner Zeit, nach dem Vorgange Webers, das Gesetz erwiesen auf dem Gebiet der Tonhöhen, und zwar wegen der bekannten Tatsache, daß wir musikalische Intervalle, wie Terzen, Quarten u. a., in den verschiedensten Höhenlagen dann für gleich erklären, wenn die Quotienten ihrer Schwingungszahlen gleich sind. Aber sehr schlecht stimmten hierzu die Resultate, die bei Prüfung unserer Tonhöhenempfindlichkeit vermittelst ebenmerklicher Unterschiede von verschiedenen Beobachtern erhalten wurden. Es zeigte sich

nämlich, daß die Unterschiedsschwelle für die verschiedenen Töne einer bestimmten Höhengegend ihrem absoluten Betrage nach konstant ist und keinerlei Beziehung zu den verschiedenen Schwingungszahlen erkennen läßt. In den mittleren Oktaven des Klaviers beträgt sie beispielsweise etwa $^1/_4$ Einzelschwingung, einerlei ob es sich um tiefere oder um höhere Töne handelt (S. 304). So hätten wir das merkwürdige Ergebnis, daß unsere Empfindungen der Tonhöhe bei übermerklichen Verschiedenheiten eine eklatante Bestätigung, bei ebenmerklichen Verschiedenheiten dagegen eine ebenso eklatante Nichtbestätigung des Weberschen Gesetzes bildeten.

Die umgekehrte Schwierigkeit besteht bei der Beurteilung räumlicher Größen. Die nach dem bloßen Augenmaß bestimmten ebenmerklichen Unterschiede verschiedener mittelgroßer Strecken sind, wie früher (S. 473) erwähnt, stets annähernd gleiche Bruchteile der jeweiligen Streckengröße. Bei größeren Unterschieden von Strecken dagegen wird man im allgemeinen geneigt sein, nicht gleiche Bruchteile, sondern gleiche Differenzen der objektiven Größen für gleich zu erklären, also z. B. den Unterschied von 5 und 7 cm gleich dem von 10 und 12 (und nicht dem von 10 und 14) cm. Ähnliches gilt für die Ausmessung von Raumstrecken durch Armbewegungen, sodaß also hier das Webersche Gesetz zwar für kleinste Empfindungsstufen gelten würde, aber nicht mehr für größere Stufen.

Gleichwohl sind diese Widersprüche nur scheinbar; sie beruhen darauf, daß es sich in beiden Fällen bei unseren Urteilen über ebenmerkliche und über deutlich merkliche Stufen nur anscheinend um dieselbe, tatsächlich aber um eine ganz verschiedene Art der Beurteilung handelt. Wenn wir das Intervall einer Terz in verschiedenen Höhenlagen doch immer für dasselbe Intervall erklären, so geschieht das nicht, weil wir die Höhendistanz der beiden Intervalltöne jedesmal als die gleiche empfinden, sondern weil ihre harmonischen Beziehungen uns stets denselben Eindruck machen und weil diese durch das tausendfältige Hören von Musik auch in dem Unmusikalischen so mächtig sind, daß man sich ihnen kaum entziehen kann. Bei sehr nahe aneinander liegenden Tönen fehlen solche Beziehungen, und daher vermögen wir hier unbeirrt durch sie die bloßen Höhenverschiedenheiten zu beurteilen. Daß die beiden Aussagen nicht zusammenstimmen, kann weiter nicht wunder nehmen, da sie einen so verschiedenen Sinn haben; mit dem Weberschen Gesetz aber darf man auch die ihm scheinbar entsprechende Intervallbeurteilung nicht zusammenbringen, weil verschiedene Schwingungsfrequenzen, um die es sich bei Tonhöhen handelt, nicht als verschiedene Intensitäten der Reize betrachtet werden können.

Nicht minder verschieden, wenn auch in etwas anderer Weise, verhalten wir uns bei Beurteilungen durch das Augenmaß. Bei der Vergleichung wenig verschiedener Strecken durchlaufen wir in der Regel, wie ich finde, jede in ganzer Länge mit bewegtem Auge, und die hierdurch entstehenden kinästhetischen Empfindungen sind wesentlich mitbestimmend für unseren Eindruck von Gleichheit und Ungleichheit der beiden Strecken. An und für sich sind diese Empfindungen nicht räumlich (S. 385); die Empfindung einer Bewegung größeren Umfangs ist rein als solche lediglich eine stärkere Empfindung als die einer Bewegung geringeren Umfangs. Soweit also die kinästhetischen Empfindungen an unserem Urteil beteiligt sind, folgt dieses der allgemein für Empfindungsstärken geltenden Gesetzmäßigkeit, und daher beurteilen wir ebenmerkliche Unterschiede zweier Strecken annähernd nach dem Weberschen Gesetz. Bei größeren Unterschieden dagegen und ihrer Vergleichung pflegen wir meist einen anderen Weg einzuschlagen. Wir wiederholen die Bewegung, die wir beim Durchlaufen der kleineren Strecke haben machen müssen, so gut es gehen will,

auf der größeren; wir tragen die kleinere Strecke auf der größeren ab und merken uns den verbleibenden Überschuß, wozu wir wieder eine Bewegung zu Hilfe nehmen können, aber auch schon vermittelst der bloßen Netzhautempfindlichkeit imstande sind. Bei einem zweiten Streckenpaar verfahren wir ebenso und beurteilen dann bei einer Vergleichung der Verschiedenheiten beider Paare lediglich die beiden Überschüsse. Daß wir dabei zu einem ganz anderen Ergebnis gelangen als nach dem ersten Verfahren, kann wieder nicht befremden, da das Urteil auf ganz anderen Daten beruht. Wir können aber den Widerstreit der Resultate einigermaßen mildern, wenn wir die Beurteilungsweise in beiden Fällen möglichst gleich gestalten. Wir müssen uns zwingen, bei der Vergleichung größerer Unterschiede die Strecken nicht aufeinander abzutragen, sondern jede immer in ganzer Länge mit dem Blick zu durchlaufen. Dann rücken in der Tat bei verschiedenen Streckenpaaren von objektiv gleichen Differenzen die größeren Paare näher aneinander, sie sehen weniger verschieden aus als die kleineren Paare.

Ähnlich wie für Raumstrecken verhält es sich für zeitliche Intervalle. In der Gegend von $^1/_2$ bis 2 Sekunden sind, wie S. 488 mitgeteilt, die Unterschiedsschwellen annähernd proportional den beurteilten Zeiten; es gilt für sie also das Webersche Gesetz. Wenn man aber in derselben Gegend drei Intervalle so abzustufen sucht, daß ihre Verschiedenheiten gleich groß erscheinen, so macht man nicht ihre Quotienten, sondern annähernd ihre Differenzen einander gleich; das Webersche Gesetz gilt also nicht. (Wrinch, Verhältnis der ebenmerklichen zu den übermerklichen Unterschieden im Gebiet des Zeitsinns; Philos. Stud. 18 S. 274). Auch hier beruht vermutlich die Verschiedenheit des Ergebnisses auf einer verschiedenen Art der Beurteilung in den beiden Fällen.

4. Mathematische Formulierung. Verglichen mit dem, worauf wir hinauswollten, hat das Webersche Gesetz noch einen Mangel: es gibt die gewünschte Abhängigkeit der Empfindungen von den Reizintensitäten in einer zu eingeschränkten Form. Wir suchten für sie eine allgemeine und in mathematischen Symbolen darstellbare Formel, ähnlich etwa dem Satz: die Stromstärken wachsen wie die Tangenten der Ablenkungswinkel. Statt dessen hören wir: wenn die Empfindungsstärken eine so und solche Reihe bilden, schreiten die zugehörigen Reize in einer geometrischen Progression fort. Aber wenn die Empfindungen sich nun nicht in dieser besonderen Weise verhalten, was ist dann der Fall? Welches ist die allgemeine Gesetzmäßigkeit, die in der Zuordnung jener beiden Reihen zueinander steckt?

Ihre Gewinnung ist sehr einfach, aber um sie richtig zu verstehen, ist es vorweg erforderlich, sich früherer Erörterungen zu erinnern. Mathematisch formulierte Beziehungen bestehen zwischen Größen. Eine mathematisch darstellbare Fassung also der Beziehung zwischen Empfindungen und objektiven Reizen muß nicht nur auf der Seite der Reize, sondern auch auf der der Empfindungen Größenangaben enthalten. Und eben das Wesen solcher Empfindungsgrößen gilt es, richtig und mit Loslösung von irrigen populären Vorstellungen zu erfassen.

Im wesentlichen wurde es oben (S. 72) auseinandergesetzt. Nicht einzelne Empfindungen, wie einzelne Helligkeiten, Farben, Schallstärken, im Vergleich miteinander haben irgendwelche Größe. Wir sprechen zwar fortwährend im täglichen Leben von größeren und kleineren Helligkeiten oder Gewichten, von stärkeren und schwächeren Gerüchen u. dergl., und es liegt kein Anlaß vor, diesen Sprachgebrauch anzutasten. Aber man muß sich darüber klar sein, daß er durchaus auf einem versteckten Hineinspielen der uns stets geläufigen Gedanken an die objektiven Ursachen beruht. Eine größere Helligkeit ist eine, die hervorgebracht wird durch ein Mehr desselben Reizes, der bei geringerer Menge eine kleinere Helligkeit bewirkt usf. Entschlägt man sich jedes derartigen Nebengedankens und vergleicht zwei Helligkeiten oder Schallstärken rein als solche miteinander, so wird man sogleich zugeben, daß niemals die eine Empfindung sich als ein Mehr oder Minder der anderen darstellt. Das Hellere ist lediglich etwas anderes als das Dunklere, das Laute ein anderes als das Leise, etwa wie ein höher gelegener Punkt etwas anderes ist als ein tiefer gelegener. Aber ebensowenig wie einer dieser Punkte wegen seiner anderen Lage im Raum zu einem Zwei- oder Dreifachen des anderen wird, ebensowenig ist es uns möglich, die an verschiedenen Stellen der Empfindungsskala gelegenen Eindrücke als ein Mehrfaches voneinander oder als ein Vielfaches irgend einer anderen Einheit zu empfinden. Man wird in der größten Verlegenheit sein, eine Helligkeit anzugeben oder sich vorzustellen, die für den unmittelbaren Eindruck dreimal so groß oder $^1/_3$ so groß ist wie die Helligkeit des Papieres dieses Buches. Man wird gar nicht verstehen, was gemeint ist, bis man der Forderung etwa den Sinn unterschiebt, anzugeben, wie das jetzt von drei Gasflammen belichtete Papier aussehen würde, wenn es von neun Flammen oder nur von einer Flamme erhellt würde. Dann aber hat man ihr eben einen falschen Sinn untergeschoben.

Wie bei räumlichen Gebilden erst von Größe, d. h. einem Mehr oder Minder, die Rede ist, wenn nicht einzelne Punkte, sondern Entfernungen, Distanzen zwischen je zwei Punkten miteinander verglichen werden, ganz so ist es für Empfindungen im allgemeinen. Der Abstand oder die Abstufung zwischen zwei Farben, zwei Schallstärken usw. kann größer oder kleiner sein als zwischen zwei anderen Eindrücken derselben Klasse, das ist eine für jedermann sofort faßliche Behauptung, die zu ihrem Verständnis eines Gedankens an die objektiven Reize durchaus nicht bedarf. So haben wir denn auch vorhin fortwährend mit gleichen Abstufungen der Empfindungsstärken zu tun gehabt und diese den zugrunde liegenden Reizintensitäten direkt entgegengestellt. Fraglich könnte nur erscheinen, ob außer solchen

allgemeinen Größenbestimmungen des Gleich-, Größer- und Kleinerseins auch konkrete Zahlenangaben, z. B. des 2fachen oder $2^1/_2$fachen, von Empfindungsgrößen möglich sind, wie es für exakte Formulierungen doch erforderlich ist. Ob überall, mag dahingestellt bleiben; für die Stärkegrade der Empfindung, um die es sich hier allein handelt, gewiß. Diese bilden durchweg eindimensionale, stetig fortschreitende und nicht in sich zurücklaufende Reihen, ähnlich wie die Zeitlinie oder auf räumlichem Gebiet die gerade Linie. Wenn nun z. B. die drei Empfindungsstärken e_1, e_2 und e_3 so gewählt sind, daß die von ihnen gebildeten aneinander stoßenden Stufen e_1/e_2 und e_2/e_3 — der Vertikalstrich sei ein bloßes Distanzzeichen, ohne jede andere Nebenbedeutung — von gleicher Größe sind, wie soll man von der Stufe e_1/e_3 anders sagen, als daß sie doppelt so groß sei wie jede der genannten? Oder wenn man von e_1/e_3 als Einheit ausgeht, was sind die in ihr unterscheidbaren gleichen Teilstufen e_1/e_2 und e_2/e_3 anders als die beiden Hälften dieses Ganzen? Entsprechend mit beliebigen anderen Zahlenverhältnissen. Die äußersten Glieder der oben Fig. 50 *B* abgebildeten Reihe von Helligkeiten stehen offenbar fünfmal soweit voneinander ab wie je zwei unmittelbar aufeinander folgende Glieder, und umgekehrt hat also jede der kleinsten Stufen $^1/_5$ von der Größe der sie alle umfassenden großen.

Nach dieser Begriffsbestimmung kann man nun die gesuchte Gesetzmäßigkeit der Empfindungsstärken sozusagen direkt aus der oben (Fig. 51) gegebenen Kurve ablesen. Wir halten uns, da das wahre Bildungsgesetz der Kurve unbekannt ist, an das annähernd für sie gültige Webersche Gesetz und nehmen zur Erleichterung der Anschauung vorübergehend an, die Annäherung sei schon von dem Reiz 10 ab, dem die Empfindung e_0 entspricht, so groß, daß wir die Kurve als geradlinig betrachten können. Wir haben dann einerseits von 10 ab gerechnet je gleiche Zunahmen der Abszissen z. B. bei den Reizwerten 100, 1000, 10000 . . ., und andererseits unter der gemachten Voraussetzung je gleiche Zunahmen der Ordinaten bei den zugehörigen Empfindungen e_1, e_2, e_3 . . . Beziehen wir nun alle diese Einzelempfindungen auf e_0 und betrachten die Stufe e_0/e_1 als Einheit, so haben wir für die aufeinander folgenden Empfindungsgrößen e_0/e_1, e_0/e_2, e_0/e_3 usw.

die Zahlenwerte	1	2	3	4	. . .
Ihnen entsprechen, bezogen auf den zu e_0 gehörigen Reiz 10, die Reizquotienten:	10	100	1000	10 000	. . .
oder, wie wir auch schreiben können,	10^1	10^2	10^3	10^4	. . .

In Worten heißt das: die Empfindungsgrößen schreiten ganz ebenso fort wie die Exponenten der ihnen zugehörigen und als Po-

tenzen mit gleicher Basis geschriebenen Quotienten der objektiven Reize; beide wachsen wie die natürliche Zahlenreihe. Natürlich ist diese genaue Übereinstimmung zufällig; sie beruht auf den beispielshalber herausgegriffenen Reizwerten und der Wahl der Zahl 10 als Basis der Potenzenreihe. Allein auch, wenn man hier andere Festsetzungen trifft, resultiert noch eine sehr einfache Beziehung. Nehmen wir z. B. die Reizreihe 10, 50, 250, 1250, 6250 . . ., zu der als einer geometrischen Progression auch wieder gleichmäßig abgestufte Empfindungen gehören,

so entsprechen den Empfindungsgrößen	1	2	3	4	. . .
die auf 10 bezogenen Reizquotienten	5	25	125	625	. . .
die auch geschrieben werden können	$10^{0,7}$	$10^{1,4}$	$10^{2,1}$	$10^{2,8}$	. . .

D. h. die Empfindungsgrößen sind zwar nicht einfach identisch mit der Reihe der Exponenten, wachsen aber doch diesen proportional. Ebenso wenn die Potenzen mit einer beliebigen anderen Basis als 10 gebildet werden.

Statt des Wortes Exponent aber bedient man sich bekanntlich unter Umständen einer anderen Bezeichnung. Was in Beziehung zu einer zu potenzierenden Zahl Exponent genannt wird, heißt in bezug auf das Resultat dieser Potenzierung Logarithmus. Und wenn wir also die Reize nicht mehr als Potenzen betrachten, sondern wie gewöhnlich als einfache Zahlen, so haben wir zu sagen: die auf eine bestimmte Ausgangsempfindung bezogenen Stärkegrade der Empfindungen wachsen wie die Logarithmen der in dem entsprechenden Ausgangsreiz gemessenen objektiven Reize. Zur Vereinfachung ersetzen wir die umständliche Erwähnung der Nebenbeziehungen durch eine geeignete Fixierung unserer Symbole. Bezeichnen wir also mit E die von einer bestimmten Empfindung e_0 ab gerechneten Empfindungsstärken, mit R die in dem zugehörigen Reize r_0 ausgemessenen Reizintensitäten, so gilt für die gesuchte Abhängigkeit annähernd die einfache Formel

$$E = k \log R.$$

D. h.: Die Empfindungsstärken wachsen proportional den Logarithmen der zugehörigen Reize.

Vielleicht wünscht man eine mehr formelhafte und dadurch strenger erscheinende Ableitung. Dann empfiehlt sich die folgende, die einer schon von Fechner (Psychophysik[1] II, 38) gegebenen nachgebildet ist.

Nach den Untersuchungen mit übermerklichen Verschiedenheiten hängt die Größe einer Empfindungsstufe in irgend einer noch unbekannten Weise ab von dem Quotienten der die Stufe begrenzenden Reize. Wir bezeichnen diese unbekannte Funktion mit f und haben dann also zu schreiben für zwei unmittelbar aneinander stoßende Stufen:

$$e_1/e_2 = f\left(\frac{r_1}{r_2}\right), \quad e_2/e_3 = f\left(\frac{r_2}{r^3}\right).$$

Ziehen wir die beiden Stufen in eine zusammen, was einer Addition gleichkommt, so resultiert:

$$e_1/e_3 = f\left(\frac{r_1}{r_2}\right) + f\left(\frac{r_2}{r_3}\right).$$

Andererseits ist aber auch, zufolge des allgemeinen Untersuchungsresultates,

$$e_1/e_3 = f\left(\frac{r_1}{r_3}\right) = f\left(\frac{r_1}{r_2}\cdot\frac{r_2}{r_3}\right).$$

Es ergibt sich also:

$$f\left(\frac{r_1}{r_2}\right) + f\left(\frac{r_2}{r_3}\right) = f\left(\frac{r_1}{r_2}\cdot\frac{r_2}{r_3}\right).$$

D. h. die gesuchte Funktion ist so beschaffen, daß die Summe der Funktionen zweier beliebiger Größen stets gleich ist der Funktion des Produktes derselben Größen. Diese Eigenschaft kommt aber (wie in Lehrbüchern der Mathematik mehrfach bewiesen ist) keiner anderen (stetigen) Funktion zu als dem Logarithmus. Natürlich nicht einem bestimmten, sondern jedem beliebigen Logarithmus, was bei der Wahl eines bestimmten Logarithmensystems durch einen hinzugefügten Faktor anzudeuten ist. Man muß also schreiben

$$e_1/e_2 = k \log \frac{r_1}{r_2}$$

oder allgemein

$$e/e_0 = k \log \frac{r}{r_0},$$

wo e_0 und r_0 die Ausgangsempfindung und den ihr entsprechenden Reiz, e und r beliebige andere Einzelempfindungen mit ihren zugehörigen Reizen bedeuten. Diese Formel aber ist völlig identisch mit der vorhin gefundenen $E = k \log R$.

Wiederum zu demselben Ergebnis kann man endlich von den Untersuchungen mit ebenmerklichen Unterschieden aus gelangen. Auch diese Ableitung ist schon von Fechner gegeben worden; sie macht allerdings eine Annahme notwendig, die man durchaus als annähernd richtig gelten lassen kann, die sich aber freilich niemandem aufzwingen läßt. Als Untersuchungsresultat hat sich ergeben, daß die ebenmerklichen Verschiedenheiten in einer noch unbekannten Weise Funktionen der Reizquotienten sind. Außerdem sahen wir oben (S. 525), daß sie bei Empfindungsstärken durchweg als Stufen gleicher Größe betrachtet werden müssen. Bezeichnen wir nun mit ΔE eine solche ebenmerkliche Empfindungsstufe, mit Δr den zu ihrer Hervorbringung erforderlichen Zuwachs des objektiven Reizes, mit f wieder die gesuchte Funktion, so ist zu schreiben

$$\Delta E = f\left(\frac{\Delta r}{r}\right). \qquad (1.$$

Die soeben angedeutete Annahme Fechners geht nun dahin, daß man ohne erheblichen Fehler die kleinen Größen ΔE und Δr als sog. unendlich kleine Größen im Sinne der Mathematik, als Differentiale, betrachten könne. Der Vorteil dieser Fiktion besteht darin, daß dann eine nähere Bestimmung der Funktion f möglich wird. Wenn nämlich zwei Größen so miteinander zusammenhängen, daß die eine sich mit der anderen stetig verändert, und daß sie ferner bei ununterbrochenem Wachsen dieser anderen gleichfalls ununterbrochen wächst oder abnimmt, aber nicht abwechselnd beides, so kann man bei Einschränkung der Betrachtung auf sehr kleine Verhältnisse die zwischen den Größen bestehende

Abhängigkeit, welcher Art sie im großen auch sein möge, gleich der einfachen Proportionalität setzen. Die Logarithmen wachsen ganz anders als die zugehörigen Zahlen, die Sinus anders als die zugehörigen Winkel, aber für sehr kleine Differenzen sind die Logarithmen ihren Zahlen merklich genau proportional, wovon bekanntlich bei jeder Einschaltung zwischen zwei Logarithmen Gebrauch gemacht wird. Da die angeführten Bedingungen für die Abhängigkeit der Empfindungsstärken von den Reizintensitäten zutreffen, so können wir statt unserer ersten Gleichung schreiben

$$dE = k\frac{dr}{r},$$

woraus dann durch Integration ohne weiteres folgt

$$E = k \log r + C \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2.$$

Zur Bestimmung der Integrationskonstanten C ist zunächst zu beachten, daß mit E Empfindungsstufen bezeichnet sind, die auf irgend eine Ausgangsempfindung e_0 bezogen werden müssen, daß also in unserer vorigen Notierung $E = e\,e_0$ zu setzen ist. Geben wir nun dem r, das die zu den variablen e gehörigen Reize bezeichnet, den der Ausgangsempfindung entsprechenden Wert r_0, so erhalten wir

$$e_0/e_0 = k \log r_0 + C.$$

e_0/e_0 aber, d. h. eine auf sich selbst bezogene, mit sich selbst verglichene Einzelempfindung hat offenbar gar keine Stufengröße, also den Wert 0. Demnach ergibt sich für C

$$C = -k \log r_0$$

und endlich nach Einsetzung in Gleichung 2:

$$e/e_0 = k \log \frac{r}{r_0}$$

ganz wie vorhin.

Es ist nützlich, die Bedeutung dieser Formel noch für zwei besondere Fälle ins Auge zu fassen. Der eine wurde in diesem Augenblick schon berührt. Wenn die beiden miteinander verglichenen objektiven Reize gleich sind, so gibt die Formel den Wert 0, ganz einerlei, welchen Wert dieser Reiz selbst haben möge. Das heißt: jede beliebige, nicht mit anderen, sondern nur mit sich selbst verglichene Empfindungsstärke hat keine Stufengröße; sie ist eben keine Empfindungsdistanz, sondern eine bloße Einzelempfindung. Ein durchaus sinnvolles und den vorangegangenen allgemeinen Ausführungen entsprechendes Resultat. Zweiter Fall. Wenn der Quotient der objektiven Reize einmal den Wert $\frac{r}{r_0}$ und ein anderes Mal den Wert $\frac{r_0}{r}$ hat, so liefert die Formel für die entsprechenden Empfindungsstufen e/e_0 und e_0/e numerisch gleiche Werte, aber das eine Mal mit positivem, das andere Mal mit negativem Vorzeichen. *Negative Empfindungsgrößen* sind also nach der Formel Empfindungsstufen, deren Einzelempfindungen umgekehrt aufeinander folgen wie bei der Reihenfolge der als positiv angesehenen Stufen. Betrachtet man beispielsweise den Abstand eines helleren von einem dunkleren Grau als etwas Positives, so ist der gleichgroße aber umgekehrte Abstand des dunkleren von dem helleren Grau das zugehörige Negative. Schwarzer Druck auf weißem Grunde und weißer Druck auf schwarzem Grunde, Morgendämmerung und Abenddämmerung, Crescendo und Decrescendo sind weitere Beispiele desselben Gegensatzes. Offenbar ist auch das wieder eine in sich völlig verständliche und den früheren allgemeinen Entwicklungen ebensowohl wie der allgemeinen Natur des

Positiven und Negativen entsprechende Konsequenz der Formel, die man überall da ziehen kann, wo das Webersche Gesetz wenigstens annähernd gilt.

Leider aber ist nun das Verständnis dieser einfachen Dinge schon durch Fechner in einer kaum glaublichen Weise verwirrt worden und befindet sich vielfach noch in dieser Verwirrung. Obwohl bei ihm die Einsicht, daß nicht bei Einzelempfindungen sondern nur bei Empfindungsstufen von Größenwerten die Rede sein kann, durchaus lebendig war, wirkte sie nicht in den obigen beiden Fällen. Er betrachtete die Tatsache, daß die Formel für den Reizquotienten 1 den Wert 0 gibt, als einen Ausdruck der Tatsache der Reizschwelle. Damit gab er also den Wert 0 nicht, wie die Konsequenz erfordert, jeder beliebigen Einzelempfindung, sondern ausschließlich der einen Empfindung, die bei einem gewissen endlichen Wert des Reizes eben erst merklich wird; zugleich betrachtete er damit die Erscheinung der Schwelle als eine notwendige Konsequenz, eine Teilerscheinung des Weberschen Gesetzes, das ja der logarithmischen Formel zugrunde liegt. Man hätte sich sagen können, daß die Reizschwelle aufs engste mit der Unterschiedsschwelle zusammenhängt und daß, wenn die logarithmische Formel für diese stumm ist, sie auch mit jener nichts zu tun haben kann, daß hier vielmehr zwei innerlich ganz verschiedene Dinge vorliegen, wie etwa bei einer Galvanometernadel das Tangentengesetz und das ruckweise Fortrücken infolge der Reibung. Allein zum Unglück begegnete sich die Fechnersche Interpretation mit der populären Vorstellungsweise, die bei der Beurteilung des Psychischen immer mit ihren Gedanken an seine objektiven Ursachen dazwischen fährt. Für sie ist die Empfindung selbstverständlich dann gleich Null, wenn der objektive Reiz verschwindet oder beinahe verschwindet. Jene an sich falsche Deutung der Formel hat also für sie einen anscheinend guten Sinn, der ihr denn eben auch zu allgemeiner Annahme verholfen hat.

Aber man verfolge die weiteren Konsequenzen. Läßt man den Reiz 1, der die Schwellen- oder Nullempfindung gibt, sich weiter verkleinern, so resultieren negative Empfindungswerte. Von diesen muß in zwiefacher Hinsicht geradezu Unglaubliches behauptet werden. Erstens nehmen sie bei fortschreitender Verkleinerung des Reizes immer ungeheurere Werte an, bis sie bei seinem Verschwinden sogar unendlich groß werden; trotzdem aber sind sie, da es sich um Reize unter der Schwelle handelt, für das Bewußtsein gar nicht vorhanden. Sodann haben sie von dem, was überall sonst in der Welt das Negative charakterisiert, daß es nämlich durch Hinzufügung zu einem gleich großen Positiven aufgehoben wird, gar nichts an sich. Denn wenn man eine positive Empfindung, die auf einem größeren Reiz beruht, und eine negative, die auf einem sehr kleinen beruhen soll, gleichzeitig hervorruft, so resultiert nicht Aufhebung der beiden, sondern wieder eine positive Empfindung, unter Umständen sogar von etwas größerer Stärke als die erste. Daß sich mit diesen Gebilden jemals jemand aus voller Überzeugung befreundet habe, wage ich zu bezweifeln; sie werden daher auch meist mit Stillschweigen übergangen. Aber man muß sich direkt entschließen, zu sagen: sie beruhen auf einem Mißgriff und sind etwas völlig Sinnloses. Was man sich unter negativen Empfindungswerten verständlicherweise zu denken hat, wurde vorhin auseinandergesetzt; die Fechnerschen negativen Empfindungen haben für die Psychologie nur ein dauerndes Interesse: sie lehren, welche Verrenkungen des gesunden Menschenverstandes selbst bei bedeutenden Denkern möglich sind, wenn sie durch erhebliche Interessen, wie z. B. die Schönheit eines anscheinend systematischen Zusammenhangs, gefordert werden, oder auch, wenn sie durch die Autorität eines großen Namens erst einmal gedeckt sind.

§ 46. Das Webersche Gesetz. Wirkungen und Ursachen.

1. Wirkungen. Auf der durch die logarithmische Formel ausgesprochenen Gesetzmäßigkeit beruhen verschiedene allbekannte Tatsachen der täglichen Erfahrung, namentlich auf dem Gebiete des Sehens und Hörens. Es wird von Interesse sein, auf einige von ihnen hinzuweisen.

Die uns umgebende Außenwelt ist fortwährend außerordentlich starken Schwankungen der objektiven Helligkeit unterworfen. Durch genauere Messungen hat man festgestellt, daß sie viel beträchtlicher und viel häufiger sind, als man zunächst vermutet. Zu vollem Bewußtsein kommt uns indes davon nicht viel. Wir bemerken nur die großen und groben Verschiedenheiten, wie zwischen direktem Sonnenlicht und diffuser Wolkenbeleuchtung, zwischen der Helligkeit des Tages und der Dämmerung des Abends oder eines Gewitters. Die kleineren und feineren Schwankungen dagegen passieren meist unbeachtet, und trotz ihrer macht uns die Umgebung immer ziemlich denselben Eindruck. Das liegt an der annähernden Gültigkeit des Weberschen Gesetzes für mittlere Helligkeiten. Bei jeder Änderung der allgemeinen Himmelshelligkeit ändern sich zwar alle Lichtintensitäten der von uns betrachteten Gegenstände ihrem absoluten Betrage nach, aber die Verhältnisse, d. h. die Quotienten, dieser Werte bleiben dabei für jede bestimmte Belichtungsart (z. B. diffuses Himmelslicht, direktes Sonnenlicht) ungeändert. Was uns nun an den Dingen vor allem interessiert, ist nicht sowohl ihr absolutes Hell- oder Dunkelsein, als vielmehr die Deutlichkeit, mit der sie sich im ganzen und in ihren Teilen voneinander abheben und unterscheiden, ist die Größe der an ihnen empfundenen Verschiedenheitsstufen. Diese bleiben aber bei gleichen Quotienten der Lichtintensitäten innerhalb gewisser Grenzen leidlich genau dieselben, und daher sieht uns die Außenwelt, abgesehen von großen und extremen Helligkeitsschwankungen, stets annähernd gleich aus. Vermöge der Gültigkeit des Weberschen Gesetzes werden wir also bis zu gewissem Grade unabhängig gemacht von den fortwährenden, durch unsere Atmosphäre bedingten Schwankungen des objektiven Lichtes, deren jedesmalige Beachtung unsere Beziehungen zur Außenwelt einigermaßen erschweren würde.

Die gleiche Gesetzmäßigkeit ermöglicht das künstlerische Schaffen des Malers. Die objektiven Helligkeiten, die er wiederzugeben hat, von der dämmerhaften Erhellung durch den vielleicht hinter Wolken noch halb verborgenen Mond bis zu direkter Sonnenbestrahlung, variieren vom Einfachen bis zum Millionenfachen. Von den Farben

dagegen, die ihm hierzu zur Verfügung stehen, ist das hellste Weiß höchstens hundertmal heller als das dunkelste Schwarz; und einerlei ob man die Bilder hinterher an hellen Sommertagen oder an trüben Wintertagen betrachtet, sie können doch alle in gleicher Weise den Eindruck großer Naturwahrheit machen. Es kommt eben hierfür nicht so sehr auf die absoluten Helligkeiten der dargestellten Dinge als auf deren Quotienten an, und diesen kann der Maler — selbstverständlich ohne daß er von dem ganzen Sachverhalt etwas zu wissen braucht — mit seinen Mitteln viel eher gerecht werden.

Immerhin besteht unsere Unabhängigkeit von den absoluten Helligkeiten vermöge der beschränkten Gültigkeit des Weberschen Gesetzes nur innerhalb gewisser Grenzen. Bei fortschreitender Dämmerung vermögen wir nicht mehr zu lesen; bei einer plötzlich eintretenden starken Verdunkelung unterscheiden wir überhaupt gar nichts mehr. Ebenso für sehr starke Lichtintensitäten. Niemand liest gerne in direktem Sonnenlicht; er zieht vor, das Buch in den Schatten zu halten, weil hier, trotz der geringeren allgemeinen Helligkeit, die Buchstaben sich besser abheben. Bei dem plötzlichen Hineintreten in eine große Helligkeit ist man ebenso geblendet, wie bei dem Eintreten ins Dunkle: man unterscheidet zunächst die verschiedenen Dinge sehr wenig voneinander. Die Verhältnisse der objektiven Helligkeiten sind in allen diesen Fällen dieselben wie bei mittleren Beleuchtungsstärken, aber nach den beiden Enden der Empfindungsskala zu sind beträchtlich größere Intensitätsquotienten erforderlich, um bestimmte Unterschiede wahrnehmen zu können als in den mittleren Gegenden; die gegebenen Werte genügen daher nicht mehr. Wenn sich nach längerem Verweilen im Dunkeln oder sehr Hellen die Eindrücke infolge Adaptation allmählich mehr nach der Mitte verschoben haben, unterscheiden wir sogleich wieder bedeutend besser.

Auf dem Gebiete des Hörens sind es die absoluten Werte der Schallintensitäten, von denen uns das Bestehen des Weberschen Gesetzes unabhängig macht. Je nach unserer zufälligen Entfernung von den schallgebenden oder tönenden Körpern klingen sie absolut genommen lauter oder leiser. Allemal aber behalten dabei die Quotienten der objektiven Intensitäten im wesentlichen (d. h. abgesehen von Verwicklungen durch Interferenz in geschlossenen Räumen) die gleichen Werte. Und die von ihnen abhängenden Abstufungen der Tonstärken gegeneinander, die sog. dynamischen Schattierungen, bleiben damit annähernd dieselben. Ausgenommen wieder für die beiden Enden der Stärkeskala, also für die aus sehr geringen oder aus sehr großen Entfernungen kommenden Eindrücke. In beiden Fällen gehen, wie man richtig sagt, die Feinheiten verloren, d. h. man hört geringe

Stärkeverschiedenheiten nicht mehr, die bei mittlerer Entfernung noch hervortreten, weil die Intensitätsquotienten für sie in den extremen Lagen nicht mehr zureichen. Und zwar verwischen sich bei den großen Entfernungen die feinen Schattierungen des piano, selbst wenn man die leisen Töne als solche noch hört, und bei den geringen Entfernungen umgekehrt die Schattierungen des forte. An dem Weberschen Gesetz und der Art seiner Gültigkeit liegt es also, wie man sagen kann, daß bei musikalischen Aufführungen eine große Anzahl von Plätzen mittlerer Entfernung annähernd gleichwertig sind und zu gleichen Preisen verkauft werden können, während die sehr nahen und sehr entfernten Plätze ungünstiger sind und daher weniger geschätzt werden.

2. Theorie. Mit besonderer Lebhaftigkeit und Häufigkeit ist seit der Formulierung des Weberschen Gesetzes durch Fechner die Frage diskutiert worden, worin wohl die in ihm konstatierte eigentümliche Abhängigkeit zwischen den Empfindungen und den äußeren Reizen ihren tieferen Grund haben möge, wie sie zu erklären sei. Auf dem Boden unserer Grundanschauungen kann die Antwort hierauf in einer ganz allgemeinen Form nicht zweifelhaft sein.

Die zur Einwirkung auf den Organismus kommenden äußeren Reize rufen zunächst Veränderungen in den peripheren Aufnahmeorganen und weiterhin in verschiedenen Teilen des Nervensystems hervor. Die Empfindungen aber sind nicht daran anschließende weitere Wirkungen oder Umsetzungen der nervösen Vorgänge; sie stehen mit diesen vielmehr gar nicht mehr in einem Kausalverhältnis, sondern bilden ganz außerhalb ihrer verlaufende, obschon ihnen gesetzmäßig korrespondierende Begleitphänomene. Wenn nun zwischen den Empfindungen und den ihnen zugehörigen objektiven Reizen gewisse Beziehungen beobachtet werden, so können das im Grunde nur die Beziehungen sein, welche zwischen den Reizen und den durch sie bewirkten nervösen Erregungen obwalten. Und das dem Bewußtsein sich offenbarende Verhalten der Empfindungen ist nur gleichsam eine Spiegelung des der direkten Erfahrung unzugänglichen Verhaltens der nervösen Prozesse. Die Geltung der logarithmischen Formel für psychische Dinge beruht also darauf, daß sie zugleich etwas rein Physiologisches zum Ausdruck bringt, nämlich die Gesetzmäßigkeit, die die Umwandlung äußerer Reize in nervöse Erregungen beherrscht.

Aber diese allgemein gehaltene Antwort führt sogleich zu weiteren Fragen. Der einer bestimmten Empfindung entsprechende Nervenprozeß ist nichts einfaches, sondern eine Kette von mehreren Gliedern. Er entsteht in einem peripheren Organ, wird fortgeleitet zu dessen

primären Zentren, von hier weitergeführt zum Großhirn, um sich in diesem endlich noch mannigfach zu verzweigen. An welcher dieser verschiedenen Stellen mag nun wohl die durch den Logarithmus bezeichnete charakteristische Einschränkung der Reizwirkung ihren eigentlichen Sitz haben? Oder resultiert sie vielleicht als eine Art Durchschnittseffekt aus den im einzelnen ganz anders beschaffenen Funktionsweisen der sämtlichen Teile?

Man hat versucht, hierüber durch direkte Experimente Aufklärung zu schaffen. Bei der großen Schwierigkeit solcher Untersuchungen sind entscheidende Resultate noch nicht gefunden worden, immerhin geben Versuche von Waller und von Steinach gewisse Hinweise.[1] Jener reizte ein Froschauge mit Licht verschiedener Intensitäten und registrierte die dadurch in dem Sehnerven hervorgerufenen negativen Schwankungen (S. 116). Er fand, daß für gleiche Differenzen der objektiven Reize die Wirkungen immer langsamer zunahmen; die das Verhältnis beider zueinander darstellende Kurve zeigt eine gewisse Ähnlichkeit mit einer logarithmischen Linie. Steinach ließ Gewichte verschiedener Schwere auf die Haut eines Froschschenkels drücken und maß gleichfalls die an dem zugehörigen Nerven entstehenden negativen Schwankungen. Wenn man zwei gleichartige von seinen Versuchen zusammennimmt und die gefundenen Zahlen nach bester Schätzung zu Mittelwerten vereinigt, so ergibt sich,

daß Drucke von etwa	30	80	400	2200 g
Schwankungen von der Größe	0,5	1	2	3

hervorgebracht haben. Das würde zu einer logarithmischen Abhängigkeit befriedigend stimmen, während die weiteren Zunahmen der Erregung für eine solche allerdings zu rasch erfolgen. Darf man die negative Schwankung als einen der nervösen Erregung proportional gehenden Vorgang betrachten, so würden diese Ergebnisse dafür sprechen, daß das Webersche Gesetz bereits bei der Übertragung der äußeren Reize auf die nervösen Elemente der Sinnesorgane seine Stelle hat.

Ebendafür lassen sich auch andere Momente geltend machen. Ich habe einmal zu zeigen versucht,[2] daß die eigentümliche Begünstigung mittelstarker Reize, die namentlich bei Helligkeitsempfindungen deutlich hervortritt, sich sehr gut aus der Annahme zersetzlicher Substanzen erklären lasse, die den nervösen Aufnahmeapparaten vorgelagert sind und sich — wie bei zersetzlichen Stoffen überhaupt anzunehmen ist

[1] Waller, Points relating to the Weber-Fechner Law. Brain 18 S. 200; 1895. Steinach, Elektromotorische Erscheinungen an Hautsinnesnerven bei adäquater Reizung. Pflügers Arch. 63 S. 495; 1896.

[2] Ebbinghaus, Über den Grund der Abweichungen von dem Weberschen Gesetz bei Lichtempfindungen. Pflügers Arch. 45 S. 113; 1889.

— in verschiedenen Graden der Zersetzbarkeit befinden. Die sehr leicht und sehr schwer zersetzlichen Moleküle seien in jedem Moment relativ wenig zahlreich vertreten, die mittleren Zersetzlichkeitsgrade zunehmend häufiger und am allerhäufigsten ein bestimmter mittlerer Zustand, der sich unter den Existenzbedingungen der Substanz besonders leicht verwirklicht. Eine gleiche Steigerung des äußeren Reizes wird dann mehr oder weniger große Wirkungen auf den Nerven hervorbringen müssen, je nachdem die Teilchen, die durch sie gerade noch auseinander gesprengt werden können, mehr oder weniger zahlreich vorhanden sind; in einer bestimmten mittleren Gegend ist die Wirkung also am stärksten. Weiter sind auch die verschiedenen Besonderheiten des Weberschen Gesetzes auf den verschiedenen Empfindungsgebieten, z. B. der verschiedene Umfang des Gebiets annähernder Gültigkeit, die sehr verschiedenen Größen des ebenmerklichen Unterschiedes für Helligkeiten, Schallstärken u. a., nicht leicht anders zu verstehen, als daß man sie bedingt denkt durch die gleichfalls sehr großen Besonderheiten der peripheren Sinnesorgane.

Alles das sind keine zwingenden Beweise, aber immerhin Fingerzeige, und ohne sich also die Freiheit des Blicks für andere Möglichkeiten benehmen zu lassen, wird man es doch für wahrscheinlich erklären müssen, daß bei dem Zustandekommen der logarithmischen Abhängigkeit bereits die erste Entstehung der Erregung in den peripheren Nerven eine wesentliche Rolle spielt.

Die dargelegte physiologische Auffassung des Weberschen Gesetzes hätte auch Fechner nach seinen allgemeinen Grundgedanken nahe gelegen, gleichwohl entwickelt er eine andere. Er glaubt in ihm ein Fundamentalgesetz für die wechselseitige Abhängigkeit zwischen dem körperlichen und geistigen Dasein gefunden zu haben und bezeichnet es daher als *psychophysisches Gesetz*. Daß ein Kausalnexus zwischen jenen beiden Gebieten bestehe, eine Umsetzung des einen Geschehens in das andere, hält auch er für undenkbar; aber gerade wegen ihrer wesentlichen Verschiedenheit, meint er, sei ähnlich wie zwischen den Ordinaten und Abszissen einer Kurve jedes beliebige funktionelle Verhältnis zwischen ihnen denkbar. Für die nervöse Erregung nun scheint es ihm das Einfachste, sie sich den verursachenden objektiven Reizen vollkommen proportional zu denken. Bei ihrer geistigen Spiegelung aber findet dann jene, wenn man so sagen darf, Verkleinerung des Bildes statt, die eben den Logarithmus charakterisiert. Als Hauptgrund für seine Annahme bezeichnet Fechner wiederholt die Erscheinung der Schwelle und im Zusammenhange damit überhaupt die Tatsachen, die zur Ansetzung unbewußten Seelenlebens führen (Schlaf, Unaufmerksamkeit). Er hält es für unmöglich, daß nervöse Prozesse existieren sollen, denen in unserem Bewußtsein nichts entspricht, wenn nicht die allgemeine Abhängigkeit des Bewußten von dem Nervösen durch die logarithmische Formel dargestellt werde, die da die bemerkenswerte und alle jene Rätsel aufklärende Eigenschaft hat, für den Reizwert 1 den Empfindungswert 0 zu liefern. Daher ist er auch eifrig bemüht, ihre Gültigkeit als eine eigentlich uneingeschränkte darzutun und die Abweichungen von ihr als etwas Nebensächliches und Zufälliges aufzufassen.

Man soll gewiß die Stimmen nicht zählen sondern wägen, aber es erscheint doch bezeichnend, daß diese psychophysische Auffassung Fechners niemals einen anderen Vertreter gefunden hat als ihren Urheber. Kein einziger seiner Gedanken hat sich als stichhaltig erwiesen. Daß die nervöse Erregung durch alle Übertragungen und Verzweigungen hindurch, denen sie unterworfen ist, den äußeren Reizen einfach proportional bleiben solle, ist nicht eine wahrscheinliche, sondern vielleicht die unwahrscheinlichste Annahme, die man machen kann. Ein Verständnis des unbewußten Seelenlebens ohne Heranziehung der logarithmischen Formel begegnet nicht den mindesten Schwierigkeiten: man braucht sich nur zu denken, daß die nervösen Prozesse, um zu bewußten Begleiterscheinungen zu führen, zu bestimmten Teilen der Zentralorgane fortgeleitet werden müssen, und daß dies bei unbewußten Empfindungen, im Schlaf usw. nicht geschieht. Die Abweichungen vom Weberschen Gesetz haben sich bei genauerer Prüfung, wenigstens auf dem Gebiete des Lichtsinns, nicht als etwas Nebensächliches und auf die beiden Enden der Reizskala Beschränktes herausgestellt; sie durchdringen die ganze Gesetzmäßigkeit und lassen die logarithmische Formel überhaupt nur als eine vorläufige Annäherung erscheinen. Vor allem ist (wie G. E. Müller hervorhebt) auf dem Boden einer Identitätsansicht für das Verhältnis von Leib und Seele, wie Fechner sie ja vertritt, die Auffassung des Geistigen als einer einfachen Spiegelung des Nervösen und also die Verlegung der logarithmischen Abhängigkeit auf den Weg zwischen äußerem Reiz und Hirnprozeß im Grunde das einzig Mögliche.

Noch eine dritte Deutung des Weberschen Gesetzes ist zu erwähnen, die als *psychologische* bezeichnet wird und — allerdings in verschiedenen Fassungen — mehrfach Beifall gefunden hat; u. a. wird sie von Wundt vertreten. Dieser betont zunächst, daß es sich bei der quantitativen Vergleichung von Empfindungen nicht um etwas handle, was bloß auf Grund der nervösen Erregung in den Sinnesorganen und ihren primären Zentren zum Bewußtsein komme, sondern daß dabei immer noch eine höhere seelische Beurteilung, eine sog. Apperzeption stattfinde. Bei dieser Tätigkeit aber vermögen wir nach ihm ganz allgemein die Intensität unserer Bewußtseinszustände nicht ihrer absoluten, sondern immer nur ihrer relativen Größe nach abzuschätzen, d. h. wir messen jeden Bewußtseinsinhalt an einem anderen, „mit dem wir ihn zunächst zu vergleichen veranlaßt sind“. So auch bei den Empfindungen. Unabhängig von unserer apperzeptiven Schätzung ist ihre Größe, wie man sich zu denken hat, durchaus proportional den äußeren Reizen. Unsere vergleichende Beurteilung dieser Größen aber geschieht nun so, daß wir zwei Empfindungspaare dann gleich nennen, wenn ihre beiden Glieder je dasselbe Verhältnis zueinander haben, d. h. aneinander gemessen denselben Quotienten liefern. Dieser Tatsache gibt das Webersche Gesetz Ausdruck. Es ist also „ohne weiteres verständlich“, sobald man einsieht, daß es nichts ist als ein „Spezialfall eines allgemeineren Gesetzes der Beziehung oder der Relativität unserer inneren Zustände“.

Man kann diese Auffassung auch noch etwas anders ausdrücken. Der apperzeptiven Beurteilung unserer Empfindungen entsprechen zweifellos auf der materiellen Seite nervöse Prozesse im Großhirn; die nicht apperzipierten Empfindungen sollen auf Erregungen in den primären Sinneszentren beruhen. Man kann also sagen: die psychologische Deutung der logarithmischen Abhängigkeit verlegt ihren eigentlichen Sitz in den Übergang der nervösen Erregung von den Sinneszentren in die Großhirnrinde. Vielleicht ist diese Ansetzung richtig; da uns sichere Kenntnisse in dieser Hinsicht fehlen, muß die allgemeine Möglichkeit, daß es sich so verhalte, offen gehalten werden. Indes es sprechen doch alle die

Fingerzeige dagegen, die vorhin (S. 539) für die vorwiegende Beteiligung der peripheren Organe an der logarithmischen Gesetzmäßigkeit geltend gemacht wurden. Bei verschiedenen Lichtintensitäten bewirkt, um einen Punkt nochmal hervorzuheben, unter günstigen Umständen ein relativer Reizzuwuchs von $^1/_{100}$, unter minder günstigen erst ein Zuwuchs von $^1/_{50}$, $^1/_{10}$ usw. den Eindruck einer ebenmerklichen Verschiedenheit, bei Schallstärken ist selbst unter günstigsten Umständen ein relativer Zuwuchs von $^1/_8$—$^1/_6$ erforderlich. Was bewegt nun die Seele, wenn sie denn die Dinge stets nur in ihrem Verhältnis zueinander auffaßt, sich dabei im einzelnen immer anders und anders zu verhalten und bei so total verschiedenen konkreten Verhältnissen stets dasselbe Urteil zu fällen? Antwortet man: durch die Verschiedenheiten der peripheren Organe werden ihr die äußeren Reize in ganz verschiedenen Umformungen zugeführt, so ist die Sache verständlich, denn diese Verschiedenheiten liegen für jeden auf der Hand. Läßt man dagegen die nervösen Erregungen bis in die primären Sinneszentren hinein den äußeren Reizen proportional sein und sucht den Grund der Verschiedenheiten erst in ihrem weiteren Übergang zum Großhirn, so tritt Dunkelheit und Berufung auf die Zukunft an die Stelle der Klarheit, denn die verschiedenen Partien der Großhirnrinde zeigen uns eine bei weitem gleichförmigere Struktur als die Sinnesorgane. Unser Urteil über die psychologische Theorie muß also lauten: möglich, allein zurzeit wenig wahrscheinlich. Bleibt noch die Berufung auf ein allgemeines Beziehungs- oder Relativitätsgesetz.

Von einem solchen Gesetz kann in zwei Bedeutungen gesprochen werden, die wohl auseinander gehalten werden müssen. Man kann erstens „Beziehung“ und das Auffassen der Dinge „im Verhältnis zueinander“ in dem allgemeinen und vagen Sinne des täglichen Lebens verstehen, gleichbedeutend etwa mit dem mathematischen Terminus Funktion. In diesem Sinne kann der Physiker z. B. sagen, daß das Gewicht eines Körpers nichts Absolutes sei, sondern nur existiere in Beziehung zum Erdmittelpunkt, zum Luftdruck, zur Temperatur, zum Stand des Mondes und der Sonne usw. So gebraucht auch Wundt das Wort, wenn er das höchst vage „Verhältnis der Gefühle zu den Vorstellungen“ sowie die Kontrasterscheinungen zur Bestätigung des Gesetzes heranzieht. Ein Beziehungsgesetz in diesem Sinne kann man als richtig gelten lassen, aber für irgendwelche konkrete Erkenntnis ist es durchaus unfruchtbar; zum Verständnis des Weberschen Gesetzes trägt es so wenig bei wie zu dem des Attraktionsgesetzes. Es ist die allgemeine Einsicht, mit der wir an die Betrachtung der Dinge herantreten, daß sie nicht isoliert und gleichgültig nebeneinander stehen, sondern in mannigfache Zusammenhänge verflochten sind; eine Einsicht übrigens, die für „unsere inneren Zustände“ nicht in höherem Maße gilt als für alle übrigen Dinge zwischen Himmel und Erde. Für unser eigentliches Wissen, über die sehr verschiedenen konkreten Beziehungen nämlich, die nun nach verschiedenen Seiten hin im einzelnen obwalten, ist mit ihr gar nichts zu gewinnen.

Allein die Worte „Beziehung“ und „Verhältnis“ können auch in einem engeren und exakten Sinne gefaßt werden, als gleichbedeutend mit dem sog. geometrischen Verhältnis der Mathematik, mit dem Quotienten zweier Größen. So ist die Sache natürlich zu verstehen, wenn man dem allgemeinen Beziehungsgesetz das Webersche Gesetz als einen Spezialfall unterordnet, denn eben um Quotienten handelt es sich bei diesem; dem Beziehungsgesetz in der vagen Bedeutung aber ist jedes Gesetz untergeordnet. Indes auch so ist für eine bessere Begründung der psychologischen Theorie nichts zu erreichen: das Beziehungsgesetz in dieser besonderen Fassung ist erstens unmöglich, weil in sich sinnlos, und es ist zweitens — auch nach berichtigter Formulierung — nicht allgemeingültig.

Erstens: das Gesetz ist unmöglich. Es beruht ganz und gar auf der wiederholt abgewehrten Einmischung des Gedankens an die objektiven Reize in die Behandlung der Empfindungen. Die einzelnen Helligkeiten, Schallstärken usw. sollen durch die apperzeptive Tätigkeit der Seele nach den Verhältnissen ihrer Größen beurteilt werden. Aber sie haben gar keine Größe; nur dem, was man populär als ihre Ursache bezeichnet, kommt Größe zu. Ehe man die Sterne photometrieren gelernt hatte, würde jemand in der größten Verlegenheit gewesen sein, wenn man ihn gefragt hätte, wieviel mal ein Stern zweiter Größe heller sei als ein Stern fünfter Größe. Wie soll man da durch eine „Messung" der verschiedenen Größenklassen aneinander dazu gelangt sein, die Gleichheit ihrer Abstufung wahrzunehmen? Für jemanden, der bloß seine unmittelbaren Empfindungen befragt, hat die Frage, wieviel mal ein Kanonenschuß lauter sei als ein Pistolenschuß, schlechterdings keinen Sinn; wenn er sie doch zu verstehen glaubt, geschieht es allein, weil er sich über die relative Größe der beiden Pulverladungen oder der beiden Waffen oder auch über die Hörweite der beiden Schüsse versteckten Reflexionen hingibt. Die viel diskutierte Frage, ob das, was man bei der Vergleichung zweier Empfindungen erlebt, als ihre Differenz oder ihr Verhältnis aufzufassen sei, steht völlig in der Luft; sie ist ebenso sinnlos wie die andere, ob man bei der Vergleichung zweier Punkte im Raum eine Differenz oder ein Verhältnis empfinde. Was man empfindet, ist die Verschiedenheit oder der Abstand der beiden Elemente voneinander; ein Inhalt, der selbst weder Differenz noch Verhältnis ist, sondern durch sein Dasein diese erst möglich macht. Soll das Beziehungsgesetz mithin überhaupt einen Sinn haben, so kann es nur dahin verstanden werden: bei der Auffassung unserer Empfindungen beurteilten wir allgemein ihre Verschiedenheiten nach den Verhältnissen (d. h. den Quotienten) der objektiven Reize. Allein für diese Fassung gilt die zweite eben aufgestellte Behauptung:

Das Gesetz ist nicht allgemeingültig. Die Verschiedenheiten von Tonhöhen werden eben als solche bemerkt, nicht wenn die Schwingungszahlen der beiden verglichenen Töne gleiche Quotienten, sondern wenn sie gleiche Differenzen haben. Wenn man Helligkeiten in den unteren Gegenden der Empfindungsskala gleichmäßig abzustufen sucht, so bilden (wie oben S. 527 erwähnt) die objektiven Lichtintensitäten nicht genau eine geometrische Progression, sondern nähern sich mehr oder weniger einer arithmetischen. Warum folgt denn in diesen Fällen die apperzeptive Beurteilung der Seele nicht dem angeblich allgemeinen Relativitätsgesetz? Wundt meint, daß unter bestimmten Bedingungen, wo „alle miteinander verglichenen Empfindungen auf eine und dieselbe Normalempfindung zurückbezogen werden können" statt der Konstanz der relativen eine Konstanz der absoluten Unterschiede wohl begreiflich sei. Aber inwiefern kann hier von solchen bestimmten Bedingungen die Rede sein? Ich finde nicht, daß sich die vergleichenden Tätigkeiten der Seele bei der Bestimmung ebenmerklicher Tonhöhenverschiedenheiten und ebenmerklicher Helligkeitsverschiedenheiten oder bei der Herstellung äquidistanter Stufen bei geringeren und bei mittleren Lichtintensitäten im allermindesten voneinander unterscheiden. Und doch ergeben sich das eine Mal annähernd gleiche Quotienten der objektiven Reize, das andere Mal nicht. Ein allgemeingültiges Beziehungsgesetz (in der engeren Bedeutung) existiert eben gar nicht; es gilt nur für gewisse Fälle. Diese Fälle aber sind genau dieselben, für die das Webersche Gesetz gültig ist. Inwiefern ist es nun eine Erklärung für dieses Gesetz, wenn man es auf jenes erste „zurückführt"? Beides sind völlig äquivalente Formulierungen desselben Kreises von Tatsachen, und die Erklärung, weshalb die Seele sich bald so verhält, wie das Webersche Gesetz es ausspricht, bald ganz anders, ist anderswo zu suchen.

Eine der Wundtschen Auffassung in gewisser Hinsicht ähnliche, aber anders begründete psychologische Deutung des Weberschen Gesetzes hat Heymans gegeben (Über psychische Hemmung; Zeitschr. für Psychol. 26 S. 305). Er geht aus von folgenden Tatsachen aus dem Bereich der Aufmerksamkeitserscheinungen. Wenn man für irgend eine Art von Empfindungen zunächst die Reizschwelle bestimmt und dann zugleich mit dem für sie gefundenen schwachen Reiz einen sehr viel stärkeren Sinnesreiz ähnlicher oder anderer Art auf die Seele einwirken läßt, so wird jene Schwellenempfindung unmerklich. Sie wird übertönt oder *gehemmt* durch den gleichzeitigen stärkeren Eindruck und vermag nicht, sich neben ihm für das Bewußtsein zu behaupten. Natürlich ist diese Hemmung um so erheblicher, je stärker die hemmenden Reize sind; ebenso ist sie da, wo räumliche Verschiedenheiten ins Spiel kommen, um so größer, je näher die hemmenden Eindrücke den Schwellenreizen liegen. Um die Schwellenempfindungen unter solchen Bedingungen wieder zum Bewußtsein zu bringen, muß man also ihre objektiven Reize entsprechend steigern, und zwar fand Heymans in mannigfachen Versuchen dieser Art, daß die notwendigen Erhöhungen der Schwellen stets proportional waren den Verstärkungen der hemmenden Reize. Man denke sich nun, meint Heymans, der hemmende Reiz sei ganz gleichartig dem gehemmten und falle auch räumlich mit ihm zusammen (es wirke z. B. statt eines sehr schwachen und eines räumlich davon gesonderten starken Lichtreizes lediglich ein einziger starker Lichtreiz auf das Auge), so tritt an Stelle der Bestimmung der absoluten Schwelle die Bestimmung der Unterschiedsschwelle. Auch deren Wahrnehmung aber wird nun durch den vorhandenen starken Reiz gehemmt werden, und zwar müssen bei Übertragung der gefundenen Hemmungsgesetzmäßigkeiten auf diesen besonderen Fall die Unterschiedsschwellen zunehmen proportional den Zuwüchsen der einwirkenden Reize. Das ist aber nichts anderes als eben das Webersche Gesetz, und dieses erweist sich somit lediglich als ein Grenzfall des allgemeinen Hemmungsgesetzes, d. h. der Unterdrückung oder doch Erschwerung der Wahrnehmung schwächerer Eindrücke durch die gleichzeitige Einwirkung stärkerer, je nach dem Grade ihrer Intensität. Einzelheiten, wie z. B. die Erklärung der sog. oberen und unteren Abweichungen von dem Weberschen Gesetz durch Heymans, muß ich hier übergehen. Im allgemeinen möchte ich zu seiner Deutung sagen wie vorhin zu derjenigen Wundts: möglich, daß die Dinge auf diese Weise in innerem Zusammenhang stehen. Allein erstens beruhen seine Resultate beim Auge ganz sicher auf der Mitwirkung peripherer Faktoren, denen gar keine allgemeine Bedeutung zukommt (s. unten S. 622). Zweitens scheint es mir, trotz aller ungefähren Übereinstimmung der quantitativen Verhältnisse auf beiden Seiten, wenig wahrscheinlich, daß die Erscheinung des Weberschen Gesetzes demselben höheren Niveau des Seelenlebens angehören sollte wie die Erschwerung der Wahrnehmung durch Hemmungen, d. h. durch Ablenkung der Aufmerksamkeit infolge der gleichzeitigen Einwirkung anderer Eindrücke.

§ 47. Die Adaptation.

Der Erscheinung der Adaptation, d. h. der Abstumpfung der Empfindungen bei kontinuierlicher Fortdauer der objektiven Reize, sind wir in ihrer verschiedenen Gestaltung auf den einzelnen Sinnesgebieten oben wiederholt begegnet. Wir sahen, daß sie besonders deutlich

hervortritt bei den Gesichtsempfindungen (S. 248), den Temperatur- (S. 362) und Druckempfindungen (S. 370), sowie bei den Gerüchen (S. 418), daß sie unter Umständen beschränkt sein kann auf lokal begrenzte Partien eines Organs, wie beim Auge, und dann die Erscheinung der negativen Nachbilder zur Folge hat, daß sie außerdem aber auch in jedem einzelnen Falle auf bestimmte Reizqualitäten beschränkt ist, wie einzelne Farbentöne, einzelne Klassen von Gerüchen, und daß sie endlich nicht nur bei der Reizung der Organe im groben und großen, sondern auch im kleinen, an ihren letzten zugänglichen Elementen, wie den Hautsinnespunkten, nachgewiesen werden kann. Hier ist nun noch eine Bemerkung von allgemeinerem Interesse nachzutragen.

Während nämlich auch noch bei anderen Empfindungen, wie den Lageempfindungen und den Empfindungen des Vestibularorgans, Adaptationserscheinungen eine erhebliche Rolle spielen, nimmt ein Gebiet eine charakteristische Ausnahmestellung ein, nämlich das der Gehörsempfindungen. Man kann objektiv gleichmäßig andauernde Töne oder Geräusche sozusagen beliebig lange anhören, ohne daß eine nennenswerte Abschwächung ihrer Stärke zum Bewußtsein kommt. Im täglichen Leben sind ja freilich gleichbleibende Gehörsreize von so langer Dauer, wie sie bei Gerüchen und Temperaturen etwas Gewöhnliches ist, verhältnismäßig selten; aber bei dem Rauschen eines Wasserfalls, dem Klappern einer Mühle, dem Lärm einer größeren Versammlung oder dem Brausen einer fernen Großstadt wird jeder schon zu konstatieren Gelegenheit gehabt haben, daß sich durch längeres Zuhören nichts an diesen Eindrücken verändert. Durch besondere Versuche, wie z. B. halbstündige Beobachtung eines konstanten Harmoniumtones (Mach), ist das Gleiche für Töne erwiesen worden. Nur indirekt, z. B. aus kleinen Veränderungen der Klangfarbe lang anhaltender Töne, hat man geglaubt, schließen zu müssen, daß in geringem Grade doch eine Adaptation eintrete und zur Abschwächung einzelner Teiltöne führe. Außerdem hat Rayleigh direkt beobachtet, daß sehr hohe Töne bei konstantem Fortbestehen des äußeren Reizes ziemlich rasch für die Empfindung verschwinden.[1] Man kann die Tatsache mit Hilfe einer gleichmäßig angeblasenen Galtonpfeife leicht bestätigen: in der Nähe der oberen Hörgrenze, d. h. von etwa 15—25000 Schwingungen aufwärts je nach den Individuen, werden bei gleichbleibenden äußeren Umständen die zuerst deutlich empfundenen Töne nach wenigen Sekunden unhörbar.

[1] Rayleigh, Philos. Magaz. (V) 12 S. 344; 1882. — Einige weitere literarische Nachweise zu dem Gegenstande bei Stumpf, Tonpsychologie I S. 360.

Die Abstumpfung ist, wie man nach der Helmholtzschen Theorie erwarten sollte, jedesmal auf einen ganz bestimmten Ton beschränkt; denn sowie durch Nachlassen des Winddrucks die Tonhöhe etwas heruntergeht, ist die Empfindung sofort wieder da. Indes ist es doch fraglich, ob diese Erscheinung hierher gehört. Sie scheint nämlich gebunden an die Beibehaltung einer bestimmten Stellung des Kopfes zu der Schallquelle; neigt man den Kopf oder den Oberkörper etwas hin und her, oder macht man einige Schritte im Zimmer herum, selbstverständlich ohne durch Annäherung an die Pfeife die physikalische Schallintensität zu verstärken, so bleibt der Ton hörbar. Vielleicht also ist sein Unhörbarwerden nicht als Adaptationserscheinung aufzufassen, sondern hat andere Gründe.

Jedenfalls aber muß man sich hier vor der folgenden Verwechslung hüten. Gerade bei Gehörseindrücken ist eine eigentümliche Art von Abstumpfung aus dem täglichen Leben sehr bekannt: an den ununterbrochenen Lärm einer belebten Straße, das Ticken einer im Zimmer befindlichen Uhr, selbst an seltener wiederkehrende Eindrücke, wie das Rasseln eines Weckers, gewöhnt man sich mit der Zeit so, daß man sie nicht mehr hört. Aber dieses Nichthören ist ein Phänomen ganz anderer und höherer Art als die sinnliche Gewöhnung, mit der wir hier zu tun haben; es gehört in den Bereich der Aufmerksamkeitserscheinungen und ist kein Nichtempfinden, sondern ein Nichtbeachten. Der Unterschied liegt auf der Hand in der verschiedenen Wirkung von Vorstellungen und Willensakten in beiden Fällen. Wenn man auf den für gewöhnlich nicht beachteten Straßenlärm oder das Uhrticken absichtlich hinhorcht, oder auch, wenn man nur zufällig an sie denkt, so hört man sie wieder, ganz in derselben unverminderten Stärke, die sie zu Anfang hatten. Wenn man aber an einen Geruch oder eine Temperatur vollkommen adaptiert ist, so kann man sich mit seinen Gedanken beliebige Mühe geben, die anfänglichen Eindrücke sind damit nicht zurückzubringen.

Das Fehlen der Adaptation bei Gehörseindrücken ist von Bedeutung für die Vorstellung, die man sich über die materielle Grundlage dieser Erscheinung zu bilden hat. Man würde zunächst zweifellos geneigt sein, ihre Ursache in einer besonderen Eigentümlichkeit der nervösen Substanz und zwar wohl in der oben (S. 114) erwähnten Ermüdung der Nervenzellen zu suchen. Das kann aber nur in sehr geringem Maße der Fall sein, soweit nämlich auch der Gehörssinn Spuren von Adaptation zeigt, da sonst seine Sonderstellung in dieser Hinsicht unverständlich wäre. Auch die weitere Tatsache stimmt hierzu, daß jene Ermüdung ein verhältnismäßig langsam eintretender Vorgang ist, während die Adaptation schon nach wenigen Sekunden

relativ beträchtliche Veränderungen der Eindrücke bewirkt. Die eigentliche Grundlage der Erscheinung wird also vermutlich in den Einrichtungen und Vorgängen zu suchen sein, durch welche die äußeren Reize erst in eine zur Einwirkung auf die Nerven geeignete Form gebracht und umgewandelt werden, in den Hilfsapparaten und Sensibilisationsstoffen der peripheren Nervenendigungen. Wie man sich die Sache im einzelnen zurechtlegen könnte, zeigen die Heringschen Theorien von Dissimilierung und Assimilierung zersetzlicher Substanzen zur Erklärung der optischen und thermischen Adaptation (S. 271 und 365). Natürlich aber ist es nicht erforderlich, daß sich alle Sinne in dieser Hinsicht gleich verhalten; bei den Lageempfindungen der Glieder und des Kopfes z. B. würde man eher an andere Vermittlungen denken.

Drittes Kapitel.

Vorstellungen.

§ 48. Wesen der Vorstellungen.

1. Allgemeine Charakteristik.[1] Man betrachte eine Seite dieses Buches, schließe dann die Augen und versuche die Betrachtung fortzusetzen. Natürlich gelingt das nicht im eigentlichen Sinne: man sieht das Buch nicht mehr, wenn man es nicht ansieht. Aber einen gewissen Erfolg hat der Versuch doch. Das Buch wird nicht vollständig zu nichts für die Seele; sein Format und die Farbe seines Papiers, Länge und Abstand der Zeilen, der Charakter der Buchstaben usw. bleiben in einer eigentümlichen Weise dem Bewußtsein gegenwärtig. Es ist freilich schwer, diese Dinge festzuhalten und genauer zu besehen, aber wenn man zweifeln sollte, ob überhaupt etwas von ihnen vorhanden sei oder nicht, so braucht man den Versuch nur hintereinander mit anderen Gegenständen anzustellen, etwa dem Tisch, auf dem das Buch liegt, oder der Hand, die es festhält, den Häusern auf der anderen Seite der Straße oder den Wolken darüber. Man wird an der Abwechslung der verschiedenen Erlebnisse besonders deutlich merken, daß nach jeder Betrachtung etwas anderes für die Seele verbleibt, daß man — man wird kaum einen anderen Ausdruck finden — jedesmal auch hinterher noch etwas anderes sieht.

[1] Joh. Müller, Über die phantastischen Gesichtserscheinungen. 1826. — Fechner, Psychophysik II. Kap. 44, S. 468. Oelzelt-Newin, Über Phantasie-Vorstellungen. 1889.

Ähnlich für alle anderen Empfindungsgebiete. Man kann sich Töne eines Klaviers vergegenwärtigen ohne sie anzuschlagen. Man wird sich ihrer wiederum besonders deutlich bewußt, wenn man sich andere Töne daneben denkt; von jenen wird man anders affiziert, man kann nur sagen, sie klingen anders, als wenn man sich Töne der menschlichen Stimme oder der Geige oder Kanonenschläge vergegenwärtigt. „Heil Dir im Siegerkranz" ist auch in der Einbildung noch irgendwie vernehmbar und deutlich verschieden von der „schönen blauen Donau" usf. Derartige Gebilde nun, die, obwohl nicht durch die leiblichen Sinnesorgane und ihre äußeren Reize direkt vermittelt, doch dem sinnlich Empfundenen inhaltlich unverkennbar ähnlich sind, heißen Vorstellungen.[1]

Wie bei allem Letzten und Unzerlegbaren ist es schwer, über diese von der Verursachung der Vorstellungen hergenommene Abgrenzung hinauszugehen und die ihnen an sich anhaftenden Eigentümlichkeiten anzugeben. Jedermann kennt sie und weiß, was er an ihnen hat, aber mit Worten läßt sich der Inhalt dieses Wissens nur unvollkommen beschreiben. Immerhin ist es möglich, sie wenigstens im Verhältnis zu den Empfindungen noch in dreifacher Weise näher zu charakterisieren.

[1] Das Wort ist zugleich auch in erheblich weiterem Sinne in Gebrauch, nämlich als gemeinsame Bezeichnung dessen, was hier Vorstellungen genannt wird samt den Empfindungen und den aus beiden zugleich bestehenden Wahrnehmungen, als Klassenname mithin für alle intellektuellen Bewußtseinsinhalte überhaupt. So wird es u. a. von Chr. Wolff, Kant, Herbart verstanden. Die Notwendigkeit eines solchen Wortes liegt auf dem Gebiet logischer und erkenntnistheoretischer Betrachtungen. Wenn ich mich von ihren Gesichtspunkten aus mit dem Urteile „Natrium ist ein Metall" beschäftige, so kommt es nicht darauf an, ob Natrium als ein unmittelbar Gesehenes dem Bewußtsein gegenwärtig ist, oder ob es auf Grund früherer Wahrnehmungen oder der Beschreibungen anderer nur gedacht wird; im Gegenteil, eine solche Unterscheidung wäre nur störend. Für die psychologische Betrachtung aber ist gerade sie von besonderer Wichtigkeit und verlangt also auch eine besondere Bezeichnung. Wird nun das Wort Vorstellung in jenem allgemeinen Sinne festgehalten, so muß man die nicht sinnlich empfundenen Vorstellungen durch einen unterscheidenden Zusatz aus der größeren Klasse als eine Unterart herausheben, wie es durch die Namen *Erinnerungs-* oder *Phantasievorstellungen* zu geschehen pflegt. Diese Ausdrücke aber sind für eine häufigere Verwendung nicht nur zu schwerfällig, sie haben auch irreführende Nebenbedeutungen. Denn die einer Bezeichnung bedürfenden seelischen Gebilde sind weder alle von Erinnerung begleitet oder beruhen alle auf Erinnerung, noch sind sie alle Erzeugnisse der sog. Phantasietätigkeit; beide Namen sind also zu eingeschränkt. Da nun die Sprache den theoretischen Bedürfnissen hier nicht mit anderen Bildungen entgegenkommt, bleibt nichts anderes übrig, als das Wort Vorstellung für psychologische Zwecke in dem oben festgelegten engeren Sinne zu nehmen. So geschieht es u. a. von Hegel, Joh. Müller, Fechner, Lotze, Helmholtz. (S. zur Literatur der verschiedenen Bedeutungen B. Erdmann, Viertelj. f. wiss. Philos. 10 S. 307. 1886.)

Die Vorstellungen haben erstens etwas Blasses und Körperloses im Vergleich mit den sozusagen materielleren, aus derberem Stoff gearbeiteten Empfindungen. Sie bilden den Empfindungsinhalt ab, aber etwa so wie ein Schatten den Körper abbildet, von dem er geworfen wird, in einer eigentümlich luftigen, der greifbaren Plastik entbehrenden Weise. Die vorgestellte Sonne leuchtet nicht und die vorgestellte Glut ihrer Tausende von Wärmegraden wärmt nicht; das letzte Fünkchen eines verglimmenden Streichhölzchens leistet in beiden Beziehungen weit mehr.

Verglichen mit irgendwie reichhaltigen oder mehrgliedrigen Empfindungen ferner sind die ihnen entsprechenden Vorstellungen lückenhaft und ärmer an unterscheidbaren Merkmalen. An einem Tier, einer Landschaft, einem Monument, einer Skala von Farbentönen erfaßt man mit einem Blick eine Menge von Einzelheiten; in den entsprechenden Vorstellungen kehren davon nur wenige wieder. Und zwar dies meist in einer bizarren und in der empfundenen Wirklichkeit nie erlebten Zusammenstellung: von den räumlich nebeneinander geordneten Teilen des Gesehenen sind viele einfach ausgefallen, anderen dagegen fehlen bestimmte Eigentümlichkeiten (z. B. Verschiedenheiten der Färbung), ohne die sie in der Wirklichkeit nie vorkommen, oder die vorhandenen Eigentümlichkeiten kommen nur verwischt und unbestimmt zum Bewußtsein. Ebenso bei Vorstellungen anderen Inhalts, z. B. von Musikstücken, Speisen, mehrgliedrigen Bewegungen u. a.

Endlich drittens charakterisieren sich die Vorstellungen durch eine eigentümliche Unbeständigkeit und Flüchtigkeit. Sie verharren kaum auf Momente in einer bestimmten sich gleichbleibenden Gestalt. Man will sie festhalten, aber sie fliehen und drängen weiter, um anderen Vorstellungen Platz zu machen, oder sie verfließen und verwandeln sich, wie kaleidoskopische Figuren, in mehr oder weniger ähnliche Gebilde. Allerdings gibt es Vorstellungen, die man auf längere Zeit nicht wieder loswerden kann, von denen man verfolgt wird, wie man sagt, wie bisweilen Vorstellungen von Melodien oder von aufregenden Begebenheiten. Aber auch diese sind nichts ruhig und gleichmäßig Beharrendes; auch sie verschwinden alsbald nach ihrem Entstehen und tauchen nur, statt von anderen abgelöst zu werden, sogleich selbst aufs neue wieder auf.

Alle diese Eigenschaften der Vorstellungen aber sind nun nicht stets in derselben Weise verwirklicht, sondern unter verschiedenen Umständen in mannigfach verschiedenen Graden. Die Flüchtigkeit ist oft hochgradig gesteigert in Momenten der Gefahr, im Fieber, in Zuständen sog. Ideenflucht. Andererseits ist manchen von den Vorstellungen, die sich bei andauerndem Bestehen eines gleichen Em-

pfindungskomplexes herzudrängen, auch eine gewisse Stabilität und Beharrlichkeit nicht abzusprechen: solange man Suppe dampfen sieht, bleibt meist auch die Vorstellung, daß sie heiß sei. Die Lückenhaftigkeit und Unbestimmtheit der Vorstellungen ist besonders groß bei den abstrakten und Allgemeinvorstellungen; konkrete und einfache Vorstellungen lassen demgegenüber oft eine große Treue und überraschend feine Einzelheiten erkennen. Vor allem ist es die Blässe und Luftigkeit der Vorstellungen, die in verschiedenen Fällen sehr große Gradunterschiede aufweist.

Jedermann wird sich erinnern, in seiner frühen Jugend bedeutend lebhafter, sinnlicher, mit einer dem Empfindungscharakter näherkommenden Greifbarkeit vorgestellt zu haben als in späteren Jahren; ich selbst bin mir des Unterschiedes noch aufs deutlichste bewußt. Auch damit wird die allgemeine Erfahrung wohl übereinstimmen. daß die im ganzen freilich sehr abgeblaßten Vorstellungen des täglichen Lebens doch in dieser Hinsicht je nach ihrer Art entschiedene Unterschiede zeigen. Geruchs- und Geschmacksvorstellungen haben durchschnittlich weit geringere Lebhaftigkeit als Gesichts- und Gehörsvorstellungen. Bei jenen sind dann die Formen im allgemeinen lebhafter und anschaulicher als die Farben, bei den Gehörsvorstellungen Intervalle und Rhythmen empfindungsähnlicher als die Klangfarben. Unter zwei bestimmt angebbaren Bedingungen aber erreichen die Vorstellungen durchweg und für jeden besonders hohe Grade sinnlicher Lebhaftigkeit.

Erstens, wenn äußere Eindrücke keine oder doch beinahe keine Einwirkung auf die Seele ausüben. So z. B. im Schlaf. Die dann auftretenden Traumbilder sind in den meisten Fällen sinnlich Empfundenem so ähnlich, daß sie während ihres Bestehens für Empfindungen gehalten werden. Gewiß liegt dies zum Teil daran, daß gleichzeitig echte Empfindungen fehlen, mit denen sie verglichen werden könnten, sowie auch daran, daß das sonst jederzeit wirksame Bewußtsein von bestimmten Zusammenhängen des Wirklichen im Schlaf sehr eingeschränkt ist; aber allein hieran liegt es nicht. Man ertappt sich bisweilen über einem Traum, d. h. man erwacht aus ihm ganz plötzlich und gleich mit ziemlich klarem Bewußtsein. Dann hat man wohl für einen Moment Gelegenheit, die eben verflogenen oder gerade verfliegenden Traumbilder mit den sinnlichen Eindrücken der Umgebung direkt zu vergleichen und kann unmittelbar feststellen, daß man es in ihnen mit sehr viel sinnlicheren und greifbareren Realitäten zu tun hat als bei den gewöhnlichen Gedanken des wachen Lebens. Weiter gehören hierher die sogen. *Phantasmen* oder Schlafbilder. Im Zustande einer größeren geistigen Erregung bei gleich-

zeitiger körperlicher Erschöpfung (z. B. nach Blutverlusten, im Hungerzustande, bei asketischer Lebensweise, besonders häufig bei außergewöhnlich spätem Zubettgehen nach längerer geistiger Arbeit) treten bei manchen, übrigens vollkommen normalen, Individuen Vorstellungen von solcher Lebhaftigkeit auf, daß sie den Empfindungen nur wenig nachstehen. Man hört dann plötzlich, ohne im mindesten schon zu schlafen oder zu träumen, laute Töne oder sieht lichte Gestalten, namentlich Gesichter, nicht in der Blässe der gewöhnlichen Wachvorstellungen, sondern in einer eigentümlich geisterhaften Handgreiflichkeit, stark erinnernd an die ganz anders verursachten positiven Nachbilder. Mit den vorangegangenen Erlebnissen des Tages haben sie meist gar keinen Zusammenhang; auch hat, im Gegensatz zu den gewöhnlichen Vorstellungen, die bewußte Reflexion und absichtliches Wollen über sie fast gar keine Kraft. „Ich sehe nicht, was ich sehen möchte; ich kann mir nur gefallen lassen, was ich ohne alle Anregung leuchtend sehen muß,“ sagt Joh. Müller von ihnen, bei dem, wie auch z. B. bei Goethe, die Fähigkeit, sie zu haben, besonders entwickelt war.[1]

Der zweite Fall, in dem durchweg Vorstellungen an Lebhaftigkeit den Empfindungen ähnlicher werden, liegt dann vor, wenn sie jeweilig vorhandene und in irgend einer Hinsicht lückenhafte Empfindungskomplexe zu einem früher sinnlich wahrgenommenen Ganzen vervollständigen, wenn sie zu gegenwärtigen Empfindungen eine nach früheren Erfahrungen passende Ergänzung bilden. Man kann sich den Geschmack eines sauren Apfels vorstellen, aber auf die bloß verbale Aufforderung hin bleibt es bei einem sehr blassen und unanschaulichen Gedanken. Ganz anders, wenn man die grüne Frucht in sinnlicher Realität vor sich sieht oder gar jemanden erblickt, der in sie hineinbeißt und dabei das Gesicht kräftig verzieht. Die Vorstellung steigert sich leicht zu einem halb sinnlichen Schmecken der

---

[1] Nicht verwechselt werden mit den Phantasmen dürfen die *Halluzinationen*, die nicht mehr dem Bereich des normalen Seelenlebens angehören, sondern nur bei dauernder oder vorübergehender Erkrankung der Seele vorkommen. Sie können nicht mehr als sehr empfindungsähnliche Vorstellungen bezeichnet werden, sondern stehen, rein nach ihren psychischen Merkmalen betrachtet, den Empfindungen vollkommen gleich, sind auch in ihrem Erscheinen nicht mehr an die Abwesenheit von echten Empfindungen gebunden, sondern treten mit diesen untermischt auf. Der Unterschied zwischen beiden liegt allein außerhalb des Bewußtseins, in der Art ihrer Verursachung. Sie werden daher auch im allgemeinen mit Empfindungen verwechselt und wie diese objektiviert. Wo dies nicht geschieht, sondern die Einsicht besteht, daß die halluzinierten Gegenstände doch etwas anderes sind als die leiblich gesehenen, scheint sie nicht auf unmittelbarer Beurteilung, sondern auf gedanklichen Vermittelungen zu beruhen.

Säure, das sogar zu einer Speichelabsonderung führen kann. Wenn man einer bekannten, allmählich schwächer werdenden Melodie aufmerksam lauscht, so kommt häufig ein Moment, in dem man unsicher wird, ob eine Stelle noch eben vom Winde aus der Ferne zugetragen wurde, oder ob sie nur in der lebhaft erregten Einbildung erklang. Bei der Beobachtung von Nachbildern, die dem Verlöschen nahe sind, kommt Ähnliches vor. Unzweifelhafte Vorstellungen erreichen also in solchen Fällen durch das Hineinpassen in einen bestimmten Empfindungszusammenhang eine so große Lebhaftigkeit, daß sie mit Empfindungen geringster Stärke direkt verwechselt werden. Weitere hierher gehörige Beispiele bilden die sogen. *Illusionen*, sinnlich lebhafte Vorstellungsausdeutungen gegenwärtiger Empfindungen, die nicht direkt, aber doch durch gewisse Vermittelungen früheren Erfahrungen entsprechen, wie wenn man etwa Statuen sich bewegen oder die Augen verdrehen sieht, oder vom Winde bewegte Kleidungsstücke, Baumstümpfe u. a. für schreckliche Gespenster hält.

Bei dieser Anerkennung verschiedener Lebhaftigkeitsgrade der Vorstellungen muß man sich indes vor einem Irrtum hüten. Die Lebhaftigkeit von Vorstellungen kann unter Umständen so gesteigert sein, daß sie schwächsten und schwächeren Empfindungen zum Verwechseln ähnlich werden. Die Eigenschaft der Vorstellungen, Blässe und Lebhaftigkeit zu haben, steht also zweifellos in irgendeinem inneren Zusammenhang mit der Eigenschaft der Empfindungen, stark und schwach zu sein, mit dem, was man gewöhnlich als ihre Intensität bezeichnet. Trotzdem aber sind beide in anderer Hinsicht auch wieder etwas durchaus voneinander Unabhängiges und müssen daher wohl auseinander gehalten werden. Starken Empfindungen, wie betäubenden Geräuschen, blendend hellen Farben, durchdringenden Gerüchen, sind nicht etwa ohne weiteres auch Vorstellungsabbilder größerer Lebhaftigkeit zugeordnet, noch entsprechen den schwächsten Empfindungen durchweg die blassesten Vorstellungen, sondern hier besteht jede mögliche Freiheit. Ich kann schwächste Geräusche, wie schlürfende Tritte, ein leises Kratzen an der Tür, mit einer so empfindungsähnlichen Lebhaftigkeit vorstellen, daß ich erschreckt zusammenfahre, und kann andererseits bei der Vorstellung eines neben mir abgefeuerten Geschützes rein sinnlich nicht mehr hören als von dem Schall eines auf Wasser fallenden Haares. Die Vorstellungen in ihrem Verhältnis zu den Empfindungen sind also nicht lediglich als abgeschwächte Empfindungen aufzufassen (Hume), noch auch lediglich als ganz andersartige und unsinnliche Symbole der Empfindungen (Lotze), sondern es ist beiden Gesichtspunkten gleichzeitig Rechnung zu tragen.

2. Arten der Vorstellungen. Über die Arten, d. h. die inhaltlichen Verschiedenheiten, der durch Analyse nicht weiter zerlegbaren Vorstellungen bedarf es nicht vieler Worte. Allen oben beschriebenen Klassen von Empfindungen mit ihren verschiedenen besonderen und allgemeinen Eigentümlichkeiten entsprechen mit ganz analogen Eigentümlichkeiten ebensoviele Klassen von Vorstellungen. Wir haben also Gesichtsvorstellungen, verschieden nach Farbenton, Helligkeit, Sättigung, räumlicher Form, Ausdehnung usw., ferner Gehörs-, Temperatur-, Geruchs-, kinästhetische u. a. Vorstellungen. Die einzelnen Glieder aller dieser Klassen sind nicht so zahlreich und so fein gegeneinander abgestuft wie die entsprechenden Empfindungen — darauf wurde ja schon hingewiesen —, aber im ganzen haben sie doch dieselben Eigenschaften wie jene; sie erscheinen als stärkere oder schwächere, dauernde, sich verändernde, einander ähnliche usw. Gebilde. Der Reichtum möglicher Vorstellungen ist indes mit ihnen noch nicht erschöpft, sondern es ist hinzuzufügen, daß auch die weiterhin erst zu erörternden Gefühle von Lust und Unlust in entsprechenden Vorstellungsnachbildern zum Bewußtsein kommen können.

Beachtenswert ist dabei dann noch dies. Was wir gewöhnlich als eine Vorstellung zu bezeichnen pflegen, gehört meist nicht einer jener Klassen ausschließlich an, sondern mehreren gleichzeitig. Die Vorstellung eines Wortes z. B. enthält sowohl das gehörte wie das aktiv gesprochene Wort, bei Individuen, die lesen können, auch noch das Schriftbild des Wortes; sie hat also gleichzeitig einen akustischen, einen kinästhetischen und einen optischen Inhalt. Ebenso sind die Vorstellungen von Sachen meist mehrfach zusammengesetzt. In der Vorstellung der Apfelsine findet sich zunächst Farbe und Form der Frucht, daneben aber auch ihr Aroma, ihr Geschmack und meist wohl auch etwas von ihrer Schwere und der Art, wie sie sich anfaßt; sie ist also gleichzeitig Gesichts-, Geruchs-, Geschmacks-, Druck- und kinästhetische Vorstellung. Trotz dieser Zusammengesetztheit aber kommen uns solche Vorstellungen nun doch nicht bloß als Aggregate, als Summen unverbundener Elemente zum Bewußtsein, sondern sie werden zugleich, wenigstens in der Regel, auch als etwas Einheitliches und Verbundenes vorgestellt, also in der Art eines Ganzen mit seinen Teilen (§ 43). Das die verschiedenen Bestandteile Zusammenschließende ist natürlich selbst wieder eine Vorstellung; es kann sogar auch wieder eine mehrheitliche Vorstellung sein, nur ist ihre Gliederung dann eine andere als die jener Teile, die durch sie zusammengehalten werden. Die einzelnen Wortvorstellungen z. B. haben ihre Einheit in der Sache, die sie bedeuten. An und für sich haben die akustischen und die kinästhetischen Bestandteile der Worte

Blau oder Haus nichts miteinander gemein. Aber für unser Vorstellen fallen sie doch nicht auseinander wie die Vorstellungen einer beliebigen Farbe und eines beliebigen Tones, sondern sie werden miteinander verbunden durch die Identität des Gesichtseindrucks, der ihre Bedeutung ausmacht. Umgekehrt werden die zusammengesetzten Sachvorstellungen, wie die eben genannte der Apfelsine, vielfach zusammengehalten durch die Einheit des Wortes, das alle ihre den verschiedenen Empfindungsgebieten angehörigen Bestandteile gleichmäßig bezeichnet. Es kann aber auch anderes dazu dienen, z. B. die Einheit eines Zwecks, oder namentlich, wie wir später noch sehen werden, die Einheit einer in sie hinein gedachten Realität, der Dingheit, der wir jene Bestandteile als Eigenschaften anhaftend vorstellen.

Im Zusammenhange hiermit kann auch eine Frage schon vorläufig beantwortet werden, die J. St. Mill einmal aufwirft,[1] und die erst neuerdings wieder mehr Beachtung gefunden hat. Haben wir, ähnlich wie Vorstellungen von Empfindungen, so auch Vorstellungen von Vorstellungen, also sozusagen Vorstellungen einer höheren Ordnung? In bezug auf einfache Inhalte, wie Farben oder Töne, beantwortet Mill die Frage selbst schon verneinend; die Vorstellung der Vorstellung einer Farbe oder eines Geruchs unterscheidet sich in nichts von der gewöhnlichen Farben- oder Geruchsvorstellung. Aber bei Verbindungen oder Aufeinanderfolgen mehrerer Vorstellungen muß die Antwort in gewisser Hinsicht allerdings bejahend lauten. Wenn ich ein Urteil ausspreche etwa über die Helmholtzsche Farbentheorie, so wiederhole ich nicht alle die einzelnen, gewissen Erfahrungen nachgebildeten Vorstellungen, aus denen die Theorie besteht, sondern ich umfasse diese alle irgendwie in einer einzigen Vorstellung, die ich dann weiter mit einer anderen verwebe. Ich kann ein Gedicht, eine Szene eines Dramas oder die Beschäftigung mit einer geometrischen Aufgabe vorstellen, indem ich alle die einzelnen Glieder oder Vorgänge, aus denen diese Dinge sich aufbauen, in Gedanken durchlaufe; aber statt eines so zeitraubenden Verfahrens kann ich sie auch — und so geschieht es gewöhnlich — in einem verhältnismäßig einfachen Akt und sozusagen im Auszuge abbilden. Ich habe eine deutliche Vorstellung von dem Aussehen und dem Charakter des Don Quijote, dem ich nie in der äußeren Wirklichkeit begegnet bin; nicht unmittelbare sinnliche Eindrücke also, sondern zunächst die durch Schilderungen seines Biographen erzeugten Vorstellungen liegen ihr zugrunde.

[1] J. St. Mill in seiner Ausgabe von James Mill's Analysis of the Phenomena of the Human Mind. I, S. 68 Anm. 24. S. auch Höfler, Psychologie § 37. Witasek, Psychologische Analyse der ästhetischen Einfühlung. Zeitschr. f. Psychol. 25 S. 1; 1901.

Allein worin bestehen nun solche über viele Einzelvorstellungen sich erhebenden und, wenn man will, sekundären Vorstellungen? Nicht in Gebilden anderer Art als die oben beschriebenen primären Vorstellungen, so daß sie sich etwa zu ihnen ähnlich verhielten wie diese zu den Empfindungen. Sondern in Vorstellungen ganz derselben Art, wie sie bei dem konkreten Durchdenken des Gedichtes oder der Aufgabe erlebt werden, nur in einer beträchtlichen Verminderung ihrer Anzahl und in einer anderen Gruppierung. Die Helmholtzsche Theorie hat einen Namen, Dreifarbentheorie, das Gedicht eine Überschrift, der Taucher, die beide allen Einzelgliedern jener beiden Gebilde gleichmäßig zugehören. Die dramatische Szene gipfelt vielleicht in einer einfachen eindrucksvollen Handlung, wie dem Apfelschuß Tells oder der Ermordung Cäsars; das geometrische Problem besteht in einer bestimmten, kurz formulierbaren Forderung usw. Bei meiner ursprünglichen und das Einzelne durchlaufenden Beschäftigung nun mit jenen Dingen sind solche zusammenfassenden Vorstellungen zwar auch vorhanden, aber sie klingen nur dann und wann einmal an — man denkt nicht immer an die Überschrift beim Lesen eines Gedichtes —, im ganzen bleiben sie im Hintergrunde des Bewußtseins, und dieses ist wesentlich von den zahlreichen Einzelvorstellungen erfüllt, die von den sinnlichen Eindrücken unmittelbar geweckt werden. Bei dem nachherigen Rückblick dagegen auf das vorher erlebte Mannigfaltige und zeitlich bisweilen lang Ausgedehnte ist es gerade umgekehrt: was ich einigermaßen lebhaft und deutlich vorstelle, ist irgend eine jener vereinigenden und zusammenschließenden Vorstellungen, sind namentlich Worte, die seinen Gesamtinhalt kurz bezeichnen, und um sie herum flattern einige der früher erlebten Einzelvorstellungen, lückenhafter und unbestimmter als damals, aber im wesentlichen doch mit demselben Charakter; bald die einen von ihnen und bald die anderen; niemals annähernd so viele wie bei dem ersten Erlebnis, aber doch immer genug, um jene Einheitsvorstellung als ein gegliedertes und Teile habendes Ganzes erkennen zu lassen. Vorstellungen von Vorstellungen sind also nichts qualitativ Neues, sondern, kurz gesagt, stellvertretende Vorstellungen.

§ 49. Individuelle Verschiedenheiten.

1. Hinsichtlich der Lebhaftigkeit der Vorstellungen.[1] Vor einigen zwanzig Jahren versandte der Engländer Galton an eine große Anzahl von Personen Fragebogen, u. a. folgenden Inhalts.

[1] Fechner, Psychophysik II, S. 476. Galton, Inquiries into Human Faculty. 1883. S. 83.

„Bevor Sie sich zu den gegenüberstehenden Fragen wenden, denken Sie an irgend einen bestimmten Gegenstand, beispielsweise an Ihren Frühstückstisch von heute Morgen, und versuchen Sie, sich sorgfältig Rechenschaft zu geben von dem Bilde, das sich vor Ihrem geistigen Auge erhebt. Ist es trübe oder ziemlich klar? Ist seine Helligkeit vergleichbar mit der Helligkeit des sinnlichen Erlebnisses? Sind die Farben des Geschirrs, des Brotes, Fleisches und der übrigen Gegenstände auf dem Tisch ganz deutlich und natürlich? usw.“ Er war überrascht von der Verschiedenheit der Antworten, die er erhielt. Eine ganze Anzahl von Personen verstand kaum, was er meinte. „Die Fragen deuten auf eine zugrunde liegende irrige Voraussetzung. Ich kann meine Erinnerung an ein gesehenes Erlebnis höchstens metaphorisch als ein ‚Bild vor meinem geistigen Auge‘ bezeichnen.“ „Ich erinnere mich an den Frühstückstisch, kann auch angeben, wo die beteiligten Personen saßen, aber ich ‚sehe‘ nichts davon.“ Andere dagegen beschrieben ihre Eindrücke als durchaus vergleichbar mit der gesehenen Wirklichkeit; sie „sahen“ die gedachten Dinge mit allen Einzelheiten in voller Deutlichkeit vor sich, sodaß sie glaubten, sie ohne weiteres abzeichnen zu können, und waren bei persönlicher Befragung sehr erstaunt, wenn ihre Aussage mit einigem Zweifel aufgenommen wurde. Zwischen diesen beiden Gruppen als Extremen verteilte sich dann die große Masse der übrigen Antworten.

Gewiß läßt sich nun nicht genau bestimmen, wie weit mit verschiedenen Aussagen verschiedener Personen über ihre inneren Erlebnisse auch wirklich Verschiedenes gemeint ist, allein offenbar könnten die Beschreibungen nicht so verschieden lauten, wie es der Fall ist, wenn es sich hier nicht um große sachliche Unterschiede handelte. Die durchschnittliche Lebhaftigkeit der Vorstellungen bei verschiedenen Individuen muß also eine ziemlich verschiedene sein. Soweit die bisherigen Ergebnisse solcher Umfragen wie der Galtonschen erkennen lassen, ist sie beträchtlich größer in früher Jugend als in reiferen Jahren, ferner im allgemeinen größer bei Frauen als bei Männern. Unter diesen repräsentieren wieder Künstler, vielleicht auch Dichter, vorwiegend das eine Extrem der verhältnismäßig lebhaft und empfindungsähnlich Vorstellenden, während ihnen gegenüber die mit abstrakten Wissenschaften Beschäftigten besonders blasse und wesenlose Vorstellungen zu haben pflegen. Alles das natürlich im allgemeinen und nicht als ausnahmslose Regel. So gibt es Blindlingsschachspieler, bei denen doch eine ziemlich große Fähigkeit sinnlich lebhaften Vorstellens, wenigstens für Gesichtsvorstellungen, vorhanden sein muß, in den verschiedensten Berufsarten. Zugleich bleibt selbstredend das vorhin (S. 550) über die verschiedene Lebhaftigkeit der

Vorstellungen ein und desselben Individuums unter verschiedenen Umständen Gesagte durchaus in Kraft. Vorstellungen also, die zu jeweilig vorhandenen Empfindungen ergänzend hinzutreten, sind für jeden lebhafter als ohne solche Unterstützung. Eine Schachpartie z. B. ganz ohne Ansehen des Brettes vermag ich nicht zu spielen; wenn ich aber zugleich das leere Schema eines Schachbretts ansehen darf, bin ich dazu wohl imstande; ich sehe dann gleichsam die Figuren auf den ihnen zukommenden Feldern und kann ihrem Gange folgen.

Mit dem Vorhandensein jener individuellen Verschiedenheiten hängt es wohl auch zusammen, daß die ganze Unterscheidung verschiedener Lebhaftigkeitsgrade der Vorstellungen von einzelnen Psychologen als irrig bestritten wird. So z. B. von Lotze (Mikrokosmus[3] I, 228; Metaphysik 520) und Meynert (Psychiatrie 264). Nach beiden haben Vorstellungen und Empfindungen gar nichts miteinander gemeinsam; sie verhalten sich zueinander etwa wie Worte oder algebraische Symbole zu den von ihnen bezeichneten Sachen. Was man glaubt, als Verschiedenheit der Lebhaftigkeitsgrade deuten zu müssen, bestehe lediglich in einer verschiedenen Reichhaltigkeit, in größerer oder geringerer Vollständigkeit der Vorstellungen. Man könne einen Würfel nicht mehr oder weniger lebhaft vorstellen, sondern nur mit mehr oder weniger Einzelheiten, oder mit einer verschiedenen Anzahl der ihn charakterisierenden Beziehungen. Es scheint mir unzweifelhaft, daß solche Behauptungen nur von Personen aufgestellt werden können, bei denen die gewöhnlichen durch Worte geweckten Vorstellungen eine äußerst geringe Lebhaftigkeit besitzen, und die zugleich den Angaben anderer Individuen sowie den oben erwähnten Fällen des Auftretens lebhafter Vorstellungen im gewöhnlichen Leben nicht genügende Beachtung schenken.

2. Hinsichtlich der Art der Vorstellungen.[1] In neuerer Zeit hat noch eine andere Verschiedenheit des individuellen Vorstellens die Aufmerksamkeit vielfach auf sich gezogen. Die den einzelnen Empfindungsgebieten entsprechenden verschiedenen Arten der Vorstellungen spielen in dem geistigen Leben der verschiedenen Individuen nicht überall die gleiche Rolle, sondern hier bestehen typische Unterschiede: bei dem einen hat diese, bei dem andere eine andere Klasse von Vorstellungen ein entschiedenes Übergewicht. Besonders häufig erfreut sich eine von den drei Arten der Gesichts-, Gehörs- und kinästhetischen Vorstellungen dieser Bevorzugung, sodaß man einen *Gesichts-*, einen *Gehörs-* und einen *kinästhetischen* oder *Bewegungstypus* unterschieden hat. Natürlich soll damit nicht gesagt sein, daß den einem bestimmten Typus angehörigen Individuen etwa die anderen Vorstellungsarten abgehen. Jeder Mensch mit normalen Sinnen kennt vielmehr alle Arten von Vorstellungen. Aber in Fällen, wo es sich

---

[1] Charcot, Leçons sur les maladies du système nerveux. T. III (Deutsch: Neue Vorlesungen über die Krankheiten des Nervensystems). 13. Vorl. 1886. — Binet, Psychologie des grands calculateurs et joueurs d'échecs. 1894. Lay, Mental Imagery. Psychol. Rev. Monogr. Suppl. Nr. 7. 1898.

um zusammengesetzte, d. h. gleichzeitig verschiedenen Sinnesgebieten angehörige, Vorstellungen handelt (S. 553), bevorzugt das Vorstellungsleben des einen mehr diesen, das des anderen mehr einen anderen Bestandteil des Komplexes; die betreffenden Vorstellungen stehen bei ihm im Vordergrunde des Bewußtseins, sind besonders lebhaft, besonders reich an Einzelheiten usw.

Sehr deutlich und wichtig ist der Unterschied z. B. bei dem Vorstellen von Worten, Ziffern oder Sätzen. Der eine sieht dabei die gedruckten Schriftbilder vor sich; er kann genau angeben, ob sie auf der rechten oder linken Seite eines Buches stehen, und vermag sie unter Umständen ohne große Schwierigkeit sogar in einer anderen als ihrer natürlichen Reihenfolge (z. B. rückwärts oder in vertikaler Richtung) abzulesen. Ein zweiter hört vornehmlich die Klangbilder der Worte; er vernimmt deutlich die spitze oder volltönende Stimme eines Freundes, der sie einmal ausgesprochen hat, mit allen Eigentümlichkeiten des Dialekts und der Modulation. Dem Dritten endlich ist zu Mute, als ob sich ihm Zunge und Lippen bewegten, um die gedachten Worte nachzusprechen, auch wenn er sich alle Mühe gibt, es nicht zu tatsächlichen Bewegungen seiner Sprachorgane kommen zu lassen; bisweilen verwechselt er daher Worte, deren Schriftbilder und Bedeutung keinerlei Ähnlichkeiten miteinander haben, die sich aber ähnlich aussprechen; wie ein französischer Arzt einmal poumon 3 statt poumon droit niederschrieb. Zu der ganzen Unterscheidung ist übrigens zu bemerken, daß die ausgesprochene Zugehörigkeit zu einem bestimmten Typus nicht das überwiegend Häufige, sondern eher das Seltenere zu sein scheint. Die große Mehrzahl der Individuen scheint einem sozusagen gemischten Typus anzugehören, bei dem eine Vorstellungsart (in der Regel die Gesichtsvorstellungen) in mäßigem Grade über die anderen vorherrscht, sehr häufig aber auch eine von diesen anderen in den Vordergrund tritt.

Mit einer besonderen Schärfe oder Deutlichkeit des entsprechenden sinnlichen Empfindens scheinen diese individuellen Bevorzugungen einzelner Vorstellungsarten nicht direkt zusammenzuhängen. Es handelt sich hier vielmehr um andersartige letzte Anlagen, die zwar eine gewisse Güte der Sinnesleistungen auf dem betreffenden Gebiete voraussetzen, um das nötige Material zu ihrer Betätigung zu haben, aber doch hiermit allein noch nicht gegeben sind. Andererseits aber sind nun diese Veranlagungen maßgebend für manche weiteren Verschiedenheiten des individuellen Seelenlebens, z. B. für manche Besonderheiten des Gedächtnisses und für die Pathologie der Sprache. Namentlich scheint in ihnen das seine Wurzel oder doch eine seiner

Wurzeln zu haben, was wir als musikalisches Talent, malerisches, rechnerisches, geometrisches usw. Talent bezeichnen. Ein guter Maler braucht nicht gerade besonders gute Augen zu haben. Er wird natürlich meist auch eine ausgezeichnete Unterscheidungsfähigkeit für Raumgrößen und Farbentöne besitzen, schon infolge seiner fortwährenden Beschäftigung mit diesen Dingen, aber was ihn zum guten Maler macht, liegt doch nur nebenbei hier, in der Hauptsache aber darin, daß für sein Vorstellungsleben die gesehenen Eigentümlichkeiten der Dinge eine besondere Rolle spielen.

§ 50. Materielle Grundlage.[1]

Die psychischen Ursachen der Vorstellungen sind die Empfindungen: wenn irgendwelche von diesen von Geburt an fehlen, so fehlen auch die entsprechenden Vorstellungen. Aber die Gesetzmäßigkeit dieser Verursachung wird uns erst später beschäftigen; hier mögen noch ein paar Fragen berührt werden, die sich auf die materielle Grundlage des Vorstellens beziehen. Ein positives Wissen hierüber, abgesehen von der ganz allgemeinen Kenntnis, daß die verschiedenen Arten von Vorstellungen in verschiedenen Teilen der Großhirnrinde lokalisiert sind (S. 165), haben wir freilich nicht. Immerhin ist es nützlich, sich die Hauptrichtungen zu vergegenwärtigen, in denen sich unsere Vermutungen bewegen.

Wenn man einem naiv Denkenden sagt, daß die Vorstellungen an die Ganglienzellen der Hirnrinde gebunden seien, so wird er sich dies wohl meist dahin ausmalen, daß jede einzelne Vorstellung in besonderen, nur ihr zugehörigen Zellen ihren Sitz habe, daß also gewisse Zellen die Vorstellung Elefant gleichsam beherbergen, andere die Vorstellung Baum usw. Von seiten der Gehirnphysiologie ist dieser Anschauung bisweilen Vorschub geleistet worden. So überlegt Meynert (Psychiatrie S. 140), ob durch den Bau der Rinde wohl auch genügend vorgesorgt sei für den Reichtum möglicher Vorstellungen, und kommt zu dem Resultat, daß die Anzahl von mehr als einer Milliarde von Rindenzellen es vollkommen gestatte, „daß nacheinander eingetretene Eindrücke ausreichende funktionelle Träger . . . für ein dauerndes Nebeneinander finden.“ Munk meint, daß die Erinnerungsbilder eines bestimmten Sinnes etwa in der Reihenfolge der Wahr-

[1] Bain, The Senses and the Intellect. 3. Aufl. S. 338. Munk, Funktionen der Großhirnrinde. 2. Aufl. 1. Mitt. Freud, Zur Auffassung der Aphasien. S. 56. 1891. Goldscheider, Über zentrale Sprach-, Schreib- und Lesestörungen. Berl. klin. Wochenschr. 1892, Nr. 4. S. Exner, Physiologische Erklärung der psychischen Erscheinungen. I. Kap. 7. 1894.

nehmungen „von einem zentralen Punkte aus in immer größerem Umkreise deponiert werden", und hält es für zweifellos, „daß es für das einzelne Erinnerungsbild bloß einer kleinen Gruppe von Vorstellungselementen bedarf, und daß verschiedene Erinnerungsbilder an verschiedene solche Gruppen gebunden sind."

Mir scheint zweifellos, daß die Sache sich so grob und einfach gar nicht verhalten könne. Wenn ich in diesem Moment einen Hund und gleich darauf eine Ziege betrachte, so sind die den Eindruck vermittelnden Elemente der Retina zum großen Teil ganz dieselben. Die Erregungen werden also auch größtenteils auf ganz denselben Bahnen in die Zentralorgane weitergeleitet, und wie sie es nun hier anfangen sollten, je nach der Ordnung ihrer Ankunft in ganz verschiedene Zellengruppen zu geraten und in diesen die betreffenden Vorstellungen zu „deponieren", ist nicht einzusehen. Ebenso, wenn ich etwa die Worte Rebe und Eber laut ausspreche und damit der Hirnrinde nahezu identische akustische und kinästhetische Erregungen, nur in etwas anderer Reihenfolge, zuführe. Die Ganglienzellen sind doch nicht nach der Analogie von Badezellen zu denken, aus denen dem Späterkommenden ein „besetzt" entgegenschallt, sodaß er nun weiter wandern muß, bis er eine noch freie Unterkunftsstätte findet. Soweit der periphere Ursprung der verschiedensten Vorstellungen der gleiche ist, müssen sie offenbar auch dauernd irgendwelche Beziehungen zu denselben Rindenelementen behalten, und soweit dies wiederum der Fall ist, kann es bei dem ihnen entsprechenden materiellen Prozeß nicht sowohl darauf ankommen, welche einzelnen Zellindividuen in Erregung geraten, sondern vielmehr darauf, in welcher Anordnung oder in welcher Reihenfolge die großenteils identischen Zellen erregt werden.

Dieses Resultat führt dann sogleich hinüber zu einer anderen viel erörterten Frage. Läßt man die verschiedenen Vorstellungen je in besonderen Zellen oder Zellengruppen abgelagert sein, so sind diese „Vorstellungszellen" natürlich andere als die beim Zustandekommen der sinnlichen Empfindung beteiligten. Kommt es aber im wesentlichen auf die Kombination der Erregungen an, so kommt die Notwendigkeit einer Sonderung der beiden Elemente in Wegfall, und es scheint wissenschaftlich sparsamer zu sein, Vorstellungs- und Empfindungszellen für identisch zu halten. Auch andere Erwägungen können hierfür geltend gemacht werden, so die eigentümliche Ähnlichkeit zwischen Vorstellungen und Empfindungen, namentlich aber die Tatsache, daß Vorstellungen bisweilen ganz dieselben Wirkungen haben wie die ihnen entsprechenden Empfindungen, wenn z. B. der bloße Gedanke an das Schneiden von Kork schon eine Gänsehaut

hervorruft oder der bloße Anblick einer Speise Speichelsekretion und Kaubewegungen. Und so dürfte gegenwärtig wohl die Ansicht vorherrschend sein, daß die Vorstellungen ebendort lokalisiert sind, wo die jedesmal entsprechenden Empfindungen ihren zentralen Sitz haben.

Allein andere Momente verwickeln diese Annahme wieder in Schwierigkeiten. Die Vorstellungen sind den Empfindungen nicht bloß ähnlich, sondern durch das Fehlen der sinnlichen Lebhaftigkeit auch wieder von ihnen verschieden; namentlich sind sie nicht einfach abgeschwächte Empfindungen, sondern nähern sich nur solchen unter besonderen Umständen. Woher diese Verschiedenheit, wenn die zentralen Prozesse einander so nahe stehen? Man kann ferner, vielleicht nicht ohne Schwierigkeit, aber doch immerhin bis zu einem gewissen Grade, verschiedene Vorstellungen und Empfindungen desselben Sinnesgebietes gleichzeitig haben, z. B. bei dem Anblick einer Tapete an eine Landschaft, oder bei dem Lesen eines Buches an ein Gesicht oder an den Sternenhimmel denken. Wie wäre das möglich, wenn die zentralen Elemente für das Empfinden und Vorstellen ganz dieselben wären? sie können doch nicht gleichzeitig zwei Herren dienen. Endlich wäre unter der Voraussetzung solcher Identität der ganze Bau der Hirnrinde schwer verständlich. Die Gesamtzahl der in ihr enthaltenen Nervenzellen ist außerordentlich viel größer (man wird sagen dürfen annähernd um das Hundertfache) als die Anzahl aller von den peripheren Organen des Körpers einstrahlenden Bahnen zusammen genommen. Wozu dieser ungeheure Reichtum, wenn das intellektuelle Leben lediglich an die Elemente gebunden wäre, die den Zuführungsstellen der peripheren Erregungen zunächst liegen? Sicherlich sind die Dinge auch hier viel verwickelter, als man sich ursprünglich gedacht hat, und in gewisser Weise werden vielleicht die verschiedenen vorhin berührten Annahmen gleichzeitig richtig sein. Ich versuche einige Andeutungen, wie das gemeint ist.

Eine von der Peripherie einem zentralen Rindenfelde zugeleitete Erregungsmenge findet in diesem nicht ihr Ende, sondern strahlt weiter zu anderen Teilen der Rinde. Wohin sie aber ihren Weg nimmt, ist nicht mehr durch die anatomischen Verbindungen der Ganglienzellen genügend vorgezeichnet — diese sind dazu zu massenhaft und vielseitig (S. 153) —, sondern hängt von anderen Umständen ab, und diese führen nun dazu, die Erregung von den bestimmten anatomischen Elementen, an denen sie durch den Zufall der peripheren Entstehung haftet, loszulösen und sie mit anderen inhaltlich verwandten Erregungen zusammen zu lokalisieren. Jene Umstände liegen zunächst in dem Erregungsvorgang selbst, nämlich in der räumlichen Anordnung der ihn tragenden nervösen Elemente und in der Auf-

einanderfolge ihrer Erregungen. Wenn eine bestimmt gruppierte Mehrheit von Rindenzellen in Funktion versetzt wird, so können die von ihnen nach verschiedenen Seiten ausstrahlenden Erregungen sich gar nicht anders verhalten als vielfach miteinander zu interferieren, sich an gewissen, von ihnen ergriffenen Zellen zu summieren, an anderen zu hemmen. Durch eine Art natürlicher Auslese wird eine bestimmte zweite Zellengruppe in Miterregung versetzt, und welches diese ist, wird wesentlich, wie man sich zu denken hat, durch die räumlich-zeitliche Konfiguration der primären Erregungen bestimmt. Treten dieselben oder großenteils dieselben Zellindividuen in Funktion, aber in einer anderen Konfiguration, so ist die durch Auslese sekundär erregte Zellengruppe eine ganz andere: andere Zellindividuen dagegen, die in einer gleichen Konfiguration erregt werden, bringen vielleicht die gleiche oder doch eine eng mit jener ersten verbundene sekundäre Zellengruppe zur Miterregung.

In ähnlicher Weise wie dieser Selektionsprozeß wirken sodann begleitende Erregungsvorgänge in anderen Teilen der Rinde. Wenn ich eine Kreislinie sehe, so werden die Tendenzen zu ganz bestimmten Augenbewegungen geweckt, einerlei ob der Kreis groß oder klein, weiß oder schwarz ist, ob er rechts unten oder links oben gesehen wird. Die von den verschiedensten Stellen der Retina herrührenden und auch qualitativ verschiedenartigsten Erregungen bekommen damit, wofern sie nur ursprünglich kreisförmig angeordnet waren (vermöge des S. 154 erwähnten Assoziationsprinzips), alle die Tendenz, direkt oder durch irgendwelche Vermittlungen nach einer bestimmten Zellengruppe auszustrahlen, die in dem Rindenfelde für die Hervorbringung oder die Wahrnehmung von Augenbewegungen gelegen ist. Ähnlich wenn ich sprachliche Worte höre oder sehe. Ist die Aufeinanderfolge und das harmonische Verhältnis der sie zusammensetzenden Laute gleich, so bezeichnen sie dasselbe Objekt, einerlei ob sie von einer tiefliegenden männlichen oder einer höheren weiblichen Stimme gesprochen und also von diesen oder jenen Fasern des Schneckennerven aufgenommen werden; oder sie rufen bei mir dieselben Sprechbewegungen hervor, einerlei ob die gesehenen Buchstaben groß oder klein, gedruckt oder geschrieben sind. Erregungen der verschiedensten akustischen Elemente assoziieren sich mithin bei gleichen zeitlichen oder harmonischen Verhältnissen mit denselben optischen Zellen usw.

Auf solche Weise werden also inhaltlich verwandte, d. h. räumlich, zeitlich oder in anderen Hinsichten gleichartige periphere Erregungen, auch wenn sie nicht von denselben Elementen der Aufnahmeapparate herstammen, stets zu annähernd denselben Zellengruppen weitergeleitet. Teilweise liegen diese in den verschiedenen sensorischen Rindenfeldern,

teilweise wohl an anderen Stellen, die man, ohne damit über ihr räumliches Verhältnis zu jenen ersten etwas zu bestimmen, als *transsensorische* Felder bezeichnen könnte. In der Gesamtheit eines solchen Zellenkomplexes aber hat man nun auch das materielle Substrat einer Vorstellung zu erblicken. Wird der Komplex von der Peripherie her, also von einem sensorischen Rindenfeld aus, zur Erregung gebracht, so haben wir es psychisch mit einer Empfindung oder Wahrnehmung zu tun. Findet die Erregung durch zentrale Ursachen, also von dem transsensorischen Bestandteil des Komplexes aus, statt, so erleben wir seelisch eine Vorstellung. Woher die Erregung auch stammen möge, sie hat jedesmal die Tendenz, die ganze zusammengehörige Zellenmasse zu ergreifen; wie weit ihr das aber gelingt, hängt von den Umständen ab. Findet eine anderweitig verursachte transsensorische Erregung die ihr zugeordneten sensorischen Zellengruppen in Ruhe, oder besteht gar in einem sensorischen Rindenfeld eine sie unterstützende Erregungskonfiguration, so wird sie sehr kräftig hierher auszustrahlen vermögen; für das Bewußtsein bedeutet das eine sinnlich lebhafte und in hohem Maße empfindungsähnliche Vorstellung. Sind dagegen die sensorischen Zellen anderweitig in Anspruch genommen, oder sind die zugehörigen sensorischen Gruppen, wie bei den sogen. abstrakten Vorstellungen, außerordentlich zahlreich, so tritt eine merkliche sensorische Miterregung nicht ein; wir haben dann eine blasse und schattenhafte Vorstellung, die höchstens noch von dem zugehörigen Wortbilde begleitet ist.

Zusammenfassend ist also zu sagen: das einer bestimmten Vorstellung entsprechende materielle Substrat besteht nicht aus einigen wenigen Rindenzellen, sondern aus einer unter Umständen ungeheuer großen Anzahl von ihnen, bei der zugleich von einer für alle Fälle gleichen und ganz bestimmten Abgrenzung keine Rede sein kann. Die einzelnen Elemente dieses Komplexes ferner liegen nicht irgendwo dicht beisammen, sondern sie sind gruppenweise in den verschiedensten Teilen der Hirnrinde ausgebreitet, teils innerhalb teils außerhalb der zentralen Sinnesfelder, und werden nur durch die sie verbindenden Faserzüge zu einem Ganzen zusammengeschlossen. Endlich gehören die Bestandteile des Komplexes nicht etwa einer einzelnen Vorstellung ausschließlich an, sondern sie bilden gleichzeitig, indem sie in anderen Anordnungen oder anderen Reihenfolgen oder als Glieder anderer Komplexe funktionieren, die materielle Grundlage zu mannigfachen anderen Vorstellungen.

Viertes Kapitel.

Gefühl und Wille.

§ 51. Wesen der Gefühle.[1]

Sinnliche Empfindungen und Vorstellungen oder Gedanken sind es nicht allein, die in mannigfachen Verschlingungen den Inhalt unseres Bewußtseins ausmachen, sie werden in der Regel begleitet von Gliedern einer dritten Klasse seelischer Gebilde, von *Gefühlen*. Dahin sollen hier, herkömmlicher Abgrenzung entsprechend, lediglich die Erlebnisse von Lust und Unlust gerechnet werden, alles das also, was wir je nach seinen Stärkegraden oder je nach seiner Verknüpfung mit Empfindungen oder Gedanken als Annehmlichkeit oder Unannehmlichkeit, Wohlgefallen oder Mißfallen, Vergnügen oder Mißvergnügen, Freude oder Schmerz bezeichnen.

Wie diese Namen zeigen, sind die Gefühle etwas gegensätzlich Gegliedertes: ihre verschiedenen Stärkegrade bilden zwei Zweige einer eindimensionalen Mannigfaltigkeit, die durch eine Indifferenzzone miteinander in Verbindung stehen und deren Glieder die Kraft haben, sich bei gleichzeitiger Anwesenheit im Bewußtsein wechselseitig aufzuheben. Sie stehen hiermit übrigens nicht allein: bei den Temperaturempfindungen und manchen Organempfindungen (Hunger — Sättigung, Ermüdung — Frische) finden wir Ähnliches. Außerdem ist zu beachten, daß es zu einer vollständigen wechselseitigen Aufhebung gegensätzlicher Gefühle durchaus nicht immer zu kommen braucht, ja vielleicht in der Regel nicht kommt. Wie wir gleichzeitig an den Füßen kalt und an den Händen warm empfinden können, so können wir auch die Lust einer wohlschmeckenden Speise und die Unlust heftigen Kopfschmerzes nebeneinander erleben. Selbst ein und derselbe Gegenstand oder Vorgang vermag uns gleichzeitig lustvoll und unlustvoll anzusprechen, soweit wir nämlich in unserem Vorstellen verschiedene Seiten oder Beziehungen des Gegenstandes gleichzeitig zu

[1] Zu diesem und den nächstfolgenden Paragraphen: Lotze, Medizinische Psychologie § 20—22. Horwicz, Psychologische Analysen. Bd. II, 2. 1878. Külpe, Grundriß der Psychologie. § 34 ff. 1893. Wundt, Physiol. Psychol. 5. Aufl. II S. 263 ff. Ribot, Psychologie des sentiments. 1896. Jodl, Lehrbuch der Psychologie. 2. Aufl. II S. 1. Lipps, Das Selbstbewußtsein, Empfindung und Gefühl. 1901. Vom Fühlen, Wollen und Denken. 1902. Orth, Gefühl und Bewußtseinslage. 1903.

umfassen und doch auseinander zu halten vermögen. Die Gefühlsbegleitung reichhaltiger seelischer Gebilde kann dadurch offenbar eine sehr verwickelte werden.

Von Wichtigkeit ist die richtige, d. h. unseren Erfahrungen über die Gefühle entsprechende, Auffassung ihres Verhältnisses zu den Empfindungen und Vorstellungen. Ein zweifacher Irrtum ist hier zu vermeiden. Erstens stehen sie nicht so unabhängig und selbständig neben Empfindungen und Vorstellungen, wie deren verschiedene Arten nebeneinander, wie also etwa Gesichtsempfindungen neben Gehörsempfindungen und beide neben Geruchsvorstellungen. Es besteht vielmehr eine enge Zusammengehörigkeit. Ursprünglich und von Hause aus kommen Lust- und Unlustgefühle niemals isoliert und für sich vor, sie sind stets an irgendwelche Empfindungen oder Vorstellungen gebunden, die ihre Grundlage oder ihren Inhalt oder wie man es nennen will ausmachen. Es ist immer irgend etwas vorhanden, woran oder worüber wir uns freuen, oder wovon wir unangenehm berührt werden, ein Anblick, eine Nachricht oder anderes. Ursprünglich, wie gesagt. Bei der weiteren Entwicklung des Seelenlebens kann allerdings eine gewisse Loslösung durch Abstraktionsprozesse zustande kommen, aber diese vermögen ja alles unterscheidbare Seelische bis zu gewissem Grade voneinander zu reißen und sind also für die Erkenntnis seiner Verwandtschaftsverhältnisse außer acht zu lassen. Andererseits aber darf man die Gebundenheit der Gefühle an ihre Empfindungs- und Vorstellungsbegleitung auch nicht als eine zu enge auffassen. Das Verhältnis ist nicht etwa ein ähnliches wie zwischen Farbenempfindungen und ihrer räumlichen Ausdehnung oder zwischen Vorstellungen und ihrer sinnlichen Lebhaftigkeit; d. h. die einem intellektuellen Inhalt zukommende Gefühlsbetonung ist nicht als eine durch seine nächstliegenden Ursachen im wesentlichen gegebene und ihm also unveräußerlich anhaftende Eigenschaft zu betrachten, die mit seinen übrigen Eigenschaften einer gewissen Qualität, Stärke, Dauer usw. auf gleicher Stufe stünde. Dazu ist die Zusammengehörigkeit der beiden wieder eine zu lockere. Ein unter bestimmten äußeren Bedingungen zustande kommender Empfindungs- oder Vorstellungskomplex charakterisiert sich im wesentlichen allemal durch dieselben Eigenschaften, das ihn begleitende Gefühl aber kann ein sehr verschiedenes sein. Der Geschmack des Honigs z. B. oder einer Zigarre kann als bloßes sinnliches Erlebnis zu verschiedenen Zeiten nahezu als gleich gelten; auch Stärke und Dauer seines Auftretens sind durch die jeweilige Beschaffenheit der objektiven Ursachen genau bestimmt. Aber unter den gleichen äußeren Umständen ist der gleiche sinnliche Eindruck das eine Mal intensiv lustvoll, das andere Mal indifferent, ein drittes

Mal geradezu widerlich. Verschiedene Individuen erhalten dieselbe Nachricht. Sie hören die gleichen Worte, verstehen sie in gleichem Sinne, wir können auch fingieren, daß sich bei allen wesentlich die gleichen Gedanken anschließen, trotzdem wird die Nachricht schwerlich je von mehreren mit denselben Gefühlen aufgenommen werden. Das, was also die bestimmten Eigenschaften der jeweilig auftretenden Empfindungen und Vorstellungen bedingt, ist nicht für sich allein schon ausschlaggebend für das begleitende Gefühl. Hier ist vielmehr noch ein anderer Faktor von Bedeutung, und das Gefühl steht mithin den von ihm begleiteten Inhalten freier gegenüber als die ihnen anhaftenden Eigenschaften. Um der eigentümlichen Mischung von Gebundenheit und Unabhängigkeit, die wir hier finden, gerecht zu werden, bleibt nur übrig, die Gefühle als Folgeerscheinungen der Empfindungen und Vorstellungen aufzufassen, die durch deren Einwirkung auf jenen anderen Faktor zustande kommen. Oder besser vielleicht als Nebenwirkungen derselben Ursachen, die den begleitenden Empfindungen und Vorstellungen zugrunde liegen; so daß also gleichzeitig durch Einwirkung jener Ursachen auf gewisse Gebilde des Organismus der intellektuelle Effekt und durch Einwirkung auf andere Gebilde der dazu gehörige Gefühlseffekt hervorgebracht wird.

Die hier angenommene Umfangsbestimmung des Wortes Gefühl ist wohl die meistverbreitete unter den Psychologen, aber doch nicht die alleinherrschende, und man muß sich nun vorsehen, daß man nicht Verschiedenheiten, die auf einer anderen Abgrenzung des Wortes beruhen, eine größere sachliche Erheblichkeit beimißt, als ihnen zukommt. Wenn z. B. Jodl sagt: durch ihre Empfindungs- und Vorstellungsbegleitung „kommt in die Gefühle der Schein einer Mannigfaltigkeit, welche sie an und für sich nicht besitzen. Lust wie Schmerz sind weit einförmiger als ihre Veranlassungen,“ während dagegen Wundt behauptet: „die qualitative Mannigfaltigkeit der einfachen Gefühle scheint unabsehbar groß zu sein; jedenfalls ist sie größer als die Mannigfaltigkeit der Empfindungen,“ so liegt auf der Hand, daß beide nicht von denselben Dingen reden. Sieht man ganz ab von der populären Sprechweise, die auch die Empfindungen der Hautsinne zu den Gefühlen rechnet, so hat das Wort noch zwei in ähnlicher Weise verschiedene Bedeutungen wie das Wort Schmerz (S. 354).

Es bezeichnet erstens — und so wird es hier zunächst gebraucht — die bloßen Erlebnisse Lust und Unlust in ihren verschiedenen Stärkegraden, unter gedanklicher Loslösung von den intellektuellen Inhalten, mit denen sie verknüpft sind. Zweitens aber hat es einen weiteren Sinn und umfaßt diese Lust-Unlustgefühle mitsamt gewissen Empfindungs- oder Vorstellungsbildungen, an denen sie haften. Hierbei sind dann wieder verschiedene Unterarten zu unterscheiden. Wenn man von höheren Gefühlen redet und als solche u. a. Ehrgefühl, Pflichtgefühl, moralisches Gefühl anführt, so sind verwickelte Vorstellungsbildungen mit ihrer Lust-Unlustbetonung gemeint. In diesem Sinne ist der weitere Sprachgebrauch schwer zu entbehren und in der Tat wohl allgemein üblich. Daneben wurden in der älteren Terminologie vielfach die sogen. Organempfindungen nebst ihrer Gefühlsbegleitung schlechthin als Gefühle bezeichnet, wenn man z. B. Hunger, Ekel,

Ermüdung zu den Gefühlen rechnete. Eine gewisse Rückkehr zu dieser Abgrenzung der Gefühle und auch aus ähnlichen Gründen, wie sie früher für sie geltend gemacht wurden, wird neuerdings von einigen Autoren vertreten. Sie erblicken das Charakteristische der Gefühle darin, daß sie nicht auf Objekte, d. h. auf etwas dem Ich Gegenübergestelltes und Gegenständliches, sondern allein auf das Subjekt bezogen werden, daß sie als Bestimmtheiten des unmittelbar erlebten Ich zum Bewußtsein kommen. Daher rechnen sie einzelne von den Erlebnissen zu den Gefühlen, die hier den Organempfindungen, zum Teil auch den kinästhetischen Empfindungen zugezählt sind, und gelangen so zu einer größeren Reichhaltigkeit dieser Klasse von Gebilden. Natürlich muß das in den erweiterten Umfang des Begriffs Aufgenommene dann doch wieder voneinander unterschieden werden, und so ergeben sich verschiedene Arten von Gefühlen, die bei einer anderen Einteilung der Dinge teils als Gefühle, teils als Empfindungen erscheinen.

U. a. gehört Wundt hierher, dessen Auffassung vielfach Beifall gefunden hat. Er unterscheidet drei Hauptrichtungen der Gefühle je von gegensätzlichem Charakter, die Richtungen der *Lust* und *Unlust*, der *Erregung* und *Beruhigung* (oder für deren höhere Grade der *Depression*) und ferner der *Spannung* und *Lösung*. Ob diese Ansetzung einer reicheren Mannigfaltigkeit der Gefühle richtig sei, steht nach dem soeben Gesagten nicht sowohl in Frage als vielmehr, ob sie zweckmäßig sei. Nun ist allerdings nicht zu leugnen, daß zwischen dem bloßen Lust-Unlustgefühl und solchen Erlebnissen wie Aufregung, Depression, Spannung gewisse engere Beziehungen bestehen: abgesehen von dem erwähnten Fehlen einer Objektivierung begleiten z. B beide einander sehr häufig; ferner können sie beide nicht nur durch äußere Reize, sondern auch durch Vorstellungen hervorgebracht werden. Gleichwohl aber sprechen andere Momente doch durchaus für eine Auseinanderhaltung. Die Beziehung unserer Erlebnisse auf das Subjekt oder auf äußere Gegenstände ist nichts ursprünglich und unmittelbar an ihnen zum Bewußtsein Kommendes, sondern Resultat einer allmählichen Verarbeitung; dabei aber hängt dann dieses Resultat wieder nicht von der Eigentümlichkeit der Eindrücke selbst ab, sondern von mannigfachen Umständen, die in bezug auf diese Eigentümlichkeiten äußerlich und zufällig sind, hier aber noch nicht in Betracht kommen. Es empfiehlt sich also wenig, die Subjektivierung oder Objektivierung von Bewußtseinseindrücken zur Grundlage einer Einteilung des Elementaren zu machen; geschieht es aber einmal, dann müßten auch noch manche andere Organempfindungen wegen ihres unzweifelhaft „subjektiven" Charakters zu den Gefühlen gerechnet werden. Daneben sprechen andere Gründe gegen die Wundtsche Zusammenfassung. Aufregung, Beruhigung usw. werden zwar nicht auf äußere Gegenstände bezogen, noch auch in bestimmte Organe des Körpers lokalisiert, aber doch entschieden als körperliche Zustände empfunden, als Erlebnisse von ähnlich sinnlichem Charakter wie Hunger, Beklemmung, Ermüdung, während Lust und Unlust (abgesehen natürlich von ihren Empfindungsbegleitungen) eine sozusagen weniger materielle Beschaffenheit haben. Namentlich aber ist die Lust-Unlustbetonung, wie wir sehen werden, von einer besonderen Wichtigkeit für die Bestimmung des Vorstellungsverlaufs und für die Bewegungsreaktionen des Organismus, während jene anderen Erlebnisse (abgesehen natürlich von ihrem Lust-Unlustcharakter) eine solche Bedeutung nicht besitzen. Daher scheint mir der hier gewählten Abgrenzung überwiegend die größere Zweckmäßigkeit zuzukommen.

Ähnlich wie für Wundt bildet auch für Lipps die Zugehörigkeit zu dem Ich das unterscheidende Kriterium der Gefühle; sie machen den unmittelbar erlebten Inhalt des Ichbewußtseins aus. Im einzelnen kommt er dabei aber zu

ganz anderen Arten der Gefühle als den eben erwähnten, z. B. (außer Lust-Unlust) zu einem *Gewißheitsgefühl*, *Wirklichkeitsgefühl*, vor allem zu *Strebungsgefühlen* als Grundlagen des Wollens. Nach meiner Auffassung sind alle diese Erlebnisse keineswegs elementare, sondern ziemlich verwickelte und einer weiteren Zerlegung zugängliche Bildungen, wie an dem Bewußtsein des Strebens und Wollens sogleich (§ 55) näher dargetan werden wird.

§ 52. Objektive Ursachen der Gefühle.

1. Teleologischer Charakter. Was den Gefühlen außer den sie begleitenden Empfindungen oder Vorstellungen zu Grunde liegt, jener andere Faktor, von dem vorhin einmal die Rede war, ist nicht eine isoliert und einseitig angebbare Eigenschaft des Objektiven, sondern eine Beziehung, nämlich eine Beziehung der objektiven Ursachen zu Wohl und Wehe des Organismus. Die Gefühle der Lust beruhen auf einer Inanspruchnahme der körperlichen Organe, welche ihnen und der ganzen sie tragenden Organisation angemessen und förderlich ist; und die Gefühle der Unlust umgekehrt auf einer Inanspruchnahme, die der Eigenart der betroffenen Organe nicht entspricht und somit sie wie ihren Träger schädigt. Was wir subjektiv, in unserem Bewußtsein, erleben als Lust oder Unlust, Annehmlichkeit oder Unannehmlichkeit, das hat seine Wurzel objektiv, auf der materiellen Seite, in einer den vorhandenen Kräften angepaßten, leicht sich abspielenden und dadurch zuträglichen Betätigung des Organismus einerseits, und in einer irgendwie gehemmten, mit den vorhandenen Kräften nicht harmonierenden und dadurch unzuträglichen Betätigung andererseits. Die Gefühle haben mithin eine teleologische Grundlage, und durch diese sind sie von einer so besonderen Bedeutung für den Haushalt der lebenden Wesen. Durch sie wird das Seelenleben, das an sich dem materiellen Sein und Geschehen des Organismus zur Seite steht, wieder gewissermaßen mit diesem verbunden und in den Dienst der Gesamtzwecke des Organismus hineingezogen.

Eine Einsicht in diesen allgemeinen Zusammenhang findet sich bei fast allen Psychologen. Die Formulierung im einzelnen ist natürlich mannigfach verschieden, aber der Grundgedanke nahezu durchweg derselbe. So lehren beispielsweise in neuerer Zeit Lotze: Lust beruhe auf einer Übereinstimmung, Unlust auf einem Widerstreit zwischen den Wirkungen eines Reizes und den Bedingungen der gesetzmäßigen körperlichen oder geistigen Lebenstätigkeit, und H. Spencer: „Unlustgefühle sind die Korrelate von schädlichen, Lustgefühle die Korrelate von förderlichen Vorgängen für den Organismus.“ Aber denselben

Gedanken vertrat vor alters schon Aristoteles; die Lust ist ihm die Vollendung der normalen, wohlgelingenden Betätigung eines Wesens. Und nichts wesentlich anderes meint Spinoza, wenn er die Lust mit einem Übergang von geringerer zu größerer und die Unlust mit einem Übergang von größerer zu geringerer Vollkommenheit in Zusammenhang bringt, oder endlich Kant (Anthropologie § 58), der Vergnügen „das Gefühl der Beförderung, Schmerz das einer Hindernis des Lebens“ nennt.

Es ist eben unmöglich, die Fülle und Beweiskraft der auf diesen Zusammenhang weisenden Erfahrungen zu verkennen. Der Organismus bedarf zu seiner Existenz oder zur Erhaltung seiner Gesundheit vor allem der Nahrung in einer gewissen Mannigfaltigkeit, frischer Luft, gewisser mittlerer Temperaturen. Finden die Organe nun, was sie brauchen, unverdorbene Luft in der nötigen Menge, ausreichende Nahrung von zuträglicher Beschaffenheit und genügender Abwechslung, mäßige Wärme oder Kühle, so sind die Empfindungen, in denen ihr Funktionieren zum Bewußtsein kommt, von lebhaften Lustgefühlen begleitet. Ist das alles dagegen nicht der Fall, wird dem Organismus die Luft abgeschnitten oder zu sehr verdünnt, werden ihm die Nahrungsmittel entzogen oder in zu großer Masse zugeführt, sind sie verdorben oder zu einförmig, wird er höheren Hitze- oder Kältegraden ausgesetzt, so resultieren intensive Unlustgefühle. Hunger und Durst, Übersättigung und Ekel, Beklemmungs- und Erstickungsempfindungen, Verbrennungs- und Frostschmerzen gehören zu den unlustvollsten Erlebnissen, die wir kennen. Alle Verletzungen und Krankheiten, alle Überanstrengung und erzwungene Untätigkeit auf der einen Seite, und alle normalen und leicht von statten gehenden Betätigungen des Organismus in seinen wichtigsten Lebensfunktionen auf der anderen reden dieselbe Sprache.

Damit der Sinn des Gesagten indes nicht verfehlt werde, sind noch ein paar Zusätze nötig.

Die Gefühle beruhen objektiv auf Verhältnissen der Zuträglichkeit und Unzuträglichkeit für den Organismus, aber sie enthalten als solche kein Bewußtsein dieses Zusammenhangs, sie sind nicht mehr oder minder klare Erkenntnisse oder Beurteilungen oder auch nur Ahnungen der bestehenden Zweckmäßigkeit. Natürlich kann in der Seele eines Fühlenden gleichzeitig auch ein Wissen über die objektive Grundlage seines Erlebnisses vorhanden sein — bei einem über die Dinge theoretisierenden Psychologen muß der Fall offenbar sehr häufig eintreten —, aber dies ist dann etwas zufällig damit Verbundenes, was ohne die mindeste Beeinträchtigung des Gefühls selbst auch fehlen könnte, ähnlich wie wenn einer bei Gelegenheit von Farbenempfin-

dungen zugleich auch ein Wissen von Ätherschwingungen oder Farbentheorien hat. Wenn also z. B. Chr. Wolff (Psychol. empir. § 511) nach dem Vorgange Descartes' die Lust als cognitio intuitiva perfectionis cuiuscumque definiert, so ist darin die richtige Einsicht in die objektive Verursachung der Gefühle mit einer zu weit gehenden Behauptung verbunden.

Weiter. Wenn irgend ein Verhältnis objektiver Förderung oder Hemmung jeweilig besteht und sich subjektiv verrät in Gefühlen der Lust oder Unlust, so liegt darin gar keine Gewähr dafür, daß das gleiche Verhältnis auch weiterhin bestehen bleibe. Vielmehr können eben die Stoffe oder Vorgänge, die jetzt ein harmonisches und zuträgliches Spiel organischer Kräfte auslösen, danach in weiterer Ausbreitung auf andere Organe oder in allmählicher Entfaltung anderer ihnen noch innewohnender Eigenschaften gerade umgekehrt zu Störungen und Schädigungen Anlaß geben. Ein kühlender Luftzug oder ein Trunk kalten Wassers nach starker körperlicher Anstrengung und Erhitzung ist höchst angenehm und erfrischend, kann aber schwere Affektionen der Lunge oder des Magens im Gefolge haben. Arzneien sind sprichwörtlich bitter, erweisen sich aber hinterher als heilsam; sinnliche Genüsse verlocken zu Ausschweifungen, untergraben aber dadurch die Gesundheit. Die aufgestellte allgemeine Beziehung wird durch solche Erfahrungen nicht aufgehoben; sie muß nur nicht unrichtig verstanden werden. Das Gefühl ist (nach einem treffenden Wort Payots) ein Zeuge des jeweilig obwaltenden Verhältnisses, aber kein Prophet des zukünftig eintretenden. Wenn anfänglich lustvolle Einwirkungen im gesetzmäßigen weiteren Verlauf der Dinge doch ein dem Organismus verderbliches Resultat hervorbringen, so liegt kein Grund vor, eine jener Lust entsprechende zuträgliche Betätigung der zunächst betroffenen Organe in Abrede zu stellen; sie war eben nur partiell und vorübergehend. Und so wie die Schädigung des Organismus anfängt einzutreten, ist es ja auch mit der ursprünglichen Lust vorbei; die Störung selbst manifestiert sich, sobald sie da ist, in Unlust und Schmerzen.

Endlich. Das mehrfach formulierte Verhältnis zwischen Lust und Förderung, Unlust und Schädigung des Organismus besteht fraglos im großen und allgemeinen, aber man vermag freilich für eine Fülle von Einzelheiten von hier aus keine Rechenschaft zu finden. Warum ist Kaviar dem einen ein Leckerbissen und dem anderen ein Greuel? Warum sind Krankheiten des Herzens meist mit einer gedrückten und hypochondrischen Stimmung der Patienten verbunden, Krankheiten der Lunge oft mit einer rosigen und hoffnungsfrohen? Das ist kaum befriedigend zu sagen. Von dem allgemeinen Gesichtspunkt aus sollte

man ferner erwarten, daß die jedesmalige Lust oder Unlust der von ihr angezeigten Förderung oder Schädigung auch dem Grade nach einigermaßen entspräche und parallel ginge. Aber das Abreißen eines Fingernagels verursacht die fürchterlichsten Schmerzen, obschon es den Bestand des Organismus oder auch nur den des verletzten Fingers kaum nennenswert schädigt, dagegen das Einschneiden in die Gehirnsubstanz und ihr schichtenweises Abtragen, also ein direkter Angriff auf eines der lebenswichtigsten Organe, wird kaum bemerkt. Mehrtägiges Entziehen der Nahrung ruft qualvollsten Hunger hervor; sind aber die ersten Tage einmal überwunden, so wird, nach Aussage der Hungerkünstler, der Zustand ganz erträglich, während doch die Gefahr für den Organismus stetig zunimmt. In manchen Fällen dieser Art werden vielleicht Fortschritte unserer Kenntnisse noch eine Aufklärung bringen, in anderen wird man dauernd Ausnahmen von der aufgestellten Gesetzmäßigkeit anzuerkennen haben. Sie kann eben der Natur der Sache nach nur als eine überwiegend und im allgemeinen gültige, aber nicht für alle Einzelfälle behauptet werden. Der teleologische Charakter der Gefühle wird sich im Lauf der Entwicklung der Organismen allmählich herausgebildet haben; gegenwärtig und für das einzelne Individuum ist er etwas Letztes und fertig Gegebenes. Fertige Veranstaltungen des Organismus aber können, wie früher (S. 149) schon bemerkt, nicht auf alles Mögliche eingerichtet sein; sie bleiben notwendig Durchschnittsvorkehrungen. Die verfügbaren Mittel sind trotz aller Mannigfaltigkeit schließlich doch beschränkt; sie gestatten eine Anpassung an das häufigst Vorkommende nach seinen Haupteigenschaften, aber der unerschöpflichen Mannigfaltigkeit der Verwicklungen in der äußeren Natur sind sie nicht überall gewachsen. Kommen sie in Berührung mit selteneren Kombinationen der Eigenschaften, oder werden sie unter außergewöhnlichen Umständen in Anspruch genommen, so kann es nicht fehlen, daß sie gelegentlich auch versagen.

Eine wesentlich eingeschränktere Ansicht über die Grundlagen der Gefühle, die, in Deutschland wenigstens, vielfach Beifall gefunden hat, vertritt Herbart. Er glaubt, die Betrachtung ganz auf geistigem Gebiet halten zu können, und erblickt die Ursachen der Gefühle in gewissen Verhältnissen der Vorstellungen und des Vorstellungsablaufs. Treffen Vorstellungsreihen mit anderen Vorstellungen zusammen, durch die sie verstärkt und in ihrem Ablauf begünstigt werden, so erleben wir Lust; wird ihre Bewegung durch die anderen erschwert und gehemmt, so ist uns der Zustand unlustvoll und peinigend. Zweifellos sind damit wichtige konkrete Gefühlsursachen richtig angegeben; neben manchem anderen wirken auch solche Verhältnisse von Vorstellungen gefühlserzeugend. Aber die Herbartsche Verallgemeinerung des Satzes führt in große Schwierigkeiten. Namentlich hinsichtlich der Gefühle, die einfachen sinnlichen Eindrücken, wie einem einzelnen Ton oder Geruch, einer bloßen

Kälte- oder Hungerempfindung anhaften. Herbart selbst suchte sich zu helfen. indem er solche Empfindungen für nur scheinbar einfach erklärte: in Wirklichkeit seien sie bereits aus mehreren, sich wechselseitig fördernden oder störenden Elementen zusammengesetzt, die uns freilich unbekannt seien. Andere (wie Nahlowsky) behaupteten, die Annehmlichkeit oder Unannehmlichkeit der Empfindungen sei etwas ganz anderes als ein Gefühl: sie sei etwas noch halbwegs Physisches, während zu dem rein geistigen Gefühl allein die Resultate der Wechselwirkung von Vorstellungen zu rechnen seien. Die Theorie ist damit natürlich gerettet, aber offenbar sind beide Auswege höchst gewaltsam.

In erweiterter Form und dadurch einwandfreier tritt die Herbartsche Anschauung bei Lipps auf. „In den Fällen, die eine sichere Erkenntnis des Grundes der Lust und Unlust erlauben, ergibt sich als Grund der Lust das Entgegenkommen, die Unterstützung oder Erleichterung, die das Zustandekommen. Bewußtwerden, Dasein der Empfindungen, Vorstellungen, Gedanken in uns erfährt. als Grund der Unlust der Gegensatz, dem eine Empfindung, eine Vorstellung. ein Gedanke in uns begegnet . . . Dabei sind zwei Möglichkeiten zu unterscheiden. Entweder der seelische Vorgang erfährt das Entgegenkommen bezw. dessen Gegenteil von seiten eines anderen seelischen Vorganges, also einer anderen Empfindung, Vorstellung, eines anderen Gedankens, oder wir müssen uns begnügen zu sagen, er erfahre es von seiten der Seele überhaupt. der seelischen Organisation oder Verfassung.“ Auf diese in manchen Fällen sicher erkannten Grundlagen nun, meint Lipps, müsse man suchen, jede Lust und Unlust zurückzuführen. Indem er aber so die gefühlserzeugenden Förderungen und Hemmungen nicht nur zwischen den einzelnen Vorstellungen, sondern auch zwischen ihnen und der Seele überhaupt stattfinden läßt, vermag er in der Tat die eben betonte Schwierigkeit zu vermeiden: die an den einzelnen Empfindungen haftenden Gefühle beruhen ihm eben auf solcher allgemeinen Förderung.

Was das Verhältnis dieser (oder auch der Herbartschen) Auffassung zu der oben dargelegten gewöhnlichen Ansicht betrifft, so darf man über der Verschiedenheit der Formulierung die innere Verwandtschaft nicht übersehen. Förderungen und Hemmungen der seelischen Erlebnisse untereinander oder seitens der Seele überhaupt werden vermutlich durchweg auch Förderungen und Hemmungen für den Organismus bedeuten, von dem ja das ganze Seelenleben getragen wird, und soweit es der Fall ist, sagt mithin Lipps ungefähr dasselbe wie Kant, Spencer u. a. Allein es ist fraglich. ob auch das Umgekehrte gilt. ob man also bei Förderungen und Hemmungen des Organismus (soweit sie für die Seele als Gefühle Bedeutung gewinnen) durchweg auch von Förderungen und Hemmungen des Vorstellungslebens sprechen kann. Auch bei weitester Ausdehnung des unbewußten Seelenlebens scheint mir diese Frage verneint werden zu müssen, und ich gebe daher der oben ausgesprochenen allgemeineren Formulierung vor der eingeschränkteren Lippsschen den Vorzug.[1]

2. Folgeerscheinungen. Verfolgt man die organischen Prozesse, zu deren Zuträglichkeit oder Unzuträglichkeit das Gefühlsleben in Beziehung steht, in einzelne ihrer Eigentümlichkeiten, so fällt ein

[1] Herbart, Psychologie als Wissenschaft. 2. Teil. § 104 und 105 (WW. VI. 73 f.). Nahlowsky, Das Gefühlsleben. 2. Aufl.: 1884. Einl. Lipps, Bemerkungen zur Theorie der Gefühle. Vierteljahrsschr. f. wiss. Philos. 13 S. 160.

Licht auf manche Besonderheiten der Gefühle in ihrer Abhängigkeit von den objektiven Ursachen.

Die normale und dem Organismus zuträgliche Betätigung seiner verschiedenen Organe und Organsysteme ist im allgemeinen ein Vorgang von einer gewissen mittleren Größe, sei es dem Grade nach, sei es der Dauer nach. Ein unangemessenes und schädigendes Verhältnis kann also in zwiefacher Weise bestehen: entweder durch eine zu geringe Inanspruchnahme der Organe, durch das Fehlen von Reizen, ihre Seltenheit, ungenügende Intensität usw., oder durch übermäßige Inanspruchnahme, durch zu starke, zu lange dauernde oder zu vielseitige Reizung. Entsprechendes gilt für die begleitenden Gefühle. Die lustvolle Betätigung ist in jeder bestimmten Hinsicht, d. h. bestimmten Reizen gegenüber, nur eine; in der Regel haftet sie an gewissen mittleren Intensitäten der verursachenden Vorgänge. Die Unlust dagegen, nicht als psychisches Erlebnis, aber hinsichtlich ihrer objektiven Verursachung, ist meist eine doppelte: eine Unlust des Bedürfnisses, der Untätigkeit oder nicht genügenden Tätigkeit, und ihr gegenüber eine Unlust des Übermaßes und der Überreizung. Hierauf beruht es dann auch, daß die auf einem bestimmten Gebiet überhaupt möglichen Unlustgefühle, nicht überall aber doch vielfach, höhere Stärkegrade zu erreichen vermögen als die ebendort möglichen Lustgefühle, daß also z. B. die herrlichsten Wohlgerüche doch nicht in dem Grade lustvoll für uns sind wie die widerlichsten Gestänke unlustvoll. Angemessenheit und Zuträglichkeit besteht eben in einem einzigen und bestimmten Verhältnis zweier Faktoren zueinander; ist dieses verwirklicht, so gibt es nichts darüber hinaus. Unangemessenheit und Unzuträglichkeit dagegen kennt sozusagen keine Grenzen; wie schlecht zwei Dinge auch zueinander passen mögen, man wird kaum sagen können, daß dies nicht in noch viel höherem Maße der Fall sein könnte.

Die verschiedenen Funktionen des Organismus verhalten sich ferner in zeitlicher Hinsicht ganz verschieden. Einige von ihnen, wie die Atmung, Blutzirkulation, der Stoffwechsel in den Geweben, gehen das ganze Leben hindurch ohne Unterbrechung von statten. Andere dagegen, wie die Nahrungsaufnahme und das mit ihr verbundene Schmecken, die Gliederbewegung und das kinästhetische Empfinden, die Sexualfunktion, sind augenscheinlich auf eine gewisse Periodizität angelegt, oder werden doch, wie Hören und Riechen, zufolge der Beschaffenheit der Außenwelt nur mit Unterbrechungen ausgeübt. Wegen dieser Unterschiede gewinnen die Begriffe normale und anomale Betätigung auf den einzelnen Gebieten eine ganz verschiedene Bedeutung. Bei den kontinuierlich fortgehenden Funktionen ist jede

Unterbrechung eine Störung, die sich unter Umständen als heftigste Unlust im Bewußtsein spiegelt. Bei den periodischen Funktionen dagegen gehören größere oder kleinere Ruhepausen mit zu der normalen Betätigung, und je nach der Phase, in der sich die Funktion befindet, kann dasselbe äußere Verhalten, Tätigkeit oder Untätigkeit. bald intensiv lustvoll, bald intensiv unlustvoll sein.

Von besonderer Wichtigkeit für die sich ergebenden Verwicklungen ist endlich der folgende Punkt. Es ist bekannt, daß Stoffe, die bei ihrer ersten Einwirkung auf den Organismus schon in kleinen Gaben charakteristische Erscheinungen, der Anregung oder Lähmung seiner Funktionen, hervorrufen, wie Kaffee, Tabak, Alkohol, Morphium. in ihrer Wirksamkeit allmählich nachlassen oder sie schließlich ganz verlieren. wenn sie häufiger gegeben werden. Der Körper *gewöhnt* sich an sie. wie man sagt, und es ist erforderlich, wenn dieser Zustand eingetreten ist, entweder die Menge der verabreichten Stoffe allmählich bis zu verhältnismäßig großen Dosen zu steigern, oder einen Wechsel eintreten zu lassen und es mit einer anderen, ähnlich wirkenden Substanz zu versuchen. Dabei aber wäre es ein großer Irrtum, zu glauben, daß man den wirkungslos gewordenen Stoff nun einfach fortlassen könne. Sondern der Organismus hat sich jetzt schon für sein alltägliches Funktionieren auf ihn eingerichtet; das anfänglich ganz unbekannte Reizmittel ist ihm zur *Gewohnheit* geworden, und seine plötzliche Vorenthaltung kann, wie die Alkohol- und Morphiumentziehung besonders drastisch lehren, erhebliche Störungen nach sich ziehen.

Ganz ähnlich verhält es sich mit den Gefühlswirkungen der objektiven Vorgänge. Bei häufiger Wiederholung oder längerer Dauer irgendwelcher Eindrücke wird das mit ihnen verbundene Gefühl allmählich schwächer, und zwar die Lust sowohl wie die Unlust. Wir *gewöhnen* uns, wie man auch hier sagt, an das immer Wiederkehrende, d. h. wir stumpfen ab gegen seine Annehmlichkeit und seine Unannehmlichkeit, unter Umständen bis zu völliger Gleichgültigkeit. Soll der anfängliche Gefühlswert erhalten bleiben, so ist eine Steigerung der ihn bewirkenden Eigenschaften der Dinge notwendig, oder es muß ein Wechsel eintreten. Die ersten Kirschen oder Trauben eines Jahres werden allseitig mit Jubel begrüßt, obwohl ihr Geschmack manches zu wünschen übrig läßt. Eine Weile hält das Vergnügen vor, während das Aroma und die Süße der Früchte gleichzeitig besser werden. Aber allmählich läßt das Interesse nach, und schließlich „macht man sich nichts mehr daraus". Die schönste Melodie kann es nicht vertragen, in allen Konzerten und auf allen Straßen gespielt zu werden; die wohlschmeckendsten Speisen verlieren ihren Reiz, wenn man sie alle Tage vorgesetzt bekommt. Aber andererseits bleibt auch

die bitterste Arznei nicht andauernd widerlich, und die anfänglich abstoßendsten Eindrücke verlieren für den, der sich ihnen berufsmäßig täglich aussetzen muß, bald ihre Kraft. In Zusammenhang hiermit wird man es auch bringen dürfen, daß die vorhin unterschiedenen kontinuierlichen und periodischen Funktionen des Körpers ein ganz verschiedenes Verhalten gegenüber der Lust und Unlust zeigen. Die ununterbrochen von statten gehenden Prozesse, wie Atmung und Stoffwechsel, tragen nur wenig bei zu der Lustseite der seelischen Gefühlsbilanz, denn eben wegen ihrer Kontinuität sind wir längst maximal abgestumpft gegen sie. Nur die Unlust pflegen sie zu vermehren, bei eintretenden Störungen nämlich, und die Lust dann vorübergehend bei dem Weichen der Störung und der Rückkehr zu normalem Verlauf. Mit den periodischen Funktionen dagegen verhält es sich annähernd umgekehrt. Da sie nur mit Unterbrechungen ins Spiel treten, so können sie, zumal die Ursachen ihrer Betätigung meist noch mannigfach wechselnde sind, dauernd Quellen von Lust bleiben. Zu Unlust aber braucht es bei ihnen nicht notwendig zu kommen. Gewisse Zeiten der Nichtbetätigung sind für sie normal; an eine gewisse Ausdehnung dieser Zeiten gewöhnt man sich. Wenn man nun nicht gezwungen ist, die Pausen gar zu lang werden zu lassen (z. B. mit dem Essen nicht zu warten braucht, bis der Hunger quälend geworden ist), und wenn man andererseits ein Übermaß der Tätigkeit zu vermeiden vermag, so wird die aus diesen Funktionen fließende Lust nur wenig durch Unlust beeinträchtigt. Die in einigen anderen Hinsichten, wie wir sahen, benachteiligte Lust ist also dadurch wieder im Vorteil, daß sie das überwiegend häufiger Verwirklichte ist.

Allein diese bloße Abschwächung der Gefühlswerte ist erst eine Seite der Sache; die häufige Wiederkehr der gleichen Eindrücke kann, ganz wie bei dem vorhin berührten materiellen Vorgang, noch weitergehende Folgen haben. Verliert eine bestimmte Einwirkung auf den Organismus ihren anfänglichen Lustwert, so wird das im allgemeinen heißen, die durch sie ursprünglich hervorgerufene normale Betätigung der Organe ist schwächer geworden oder hat aufgehört; der Reiz beschäftigt den Organismus nicht mehr genügend, veranlaßt ihn nicht mehr zu einer angemessenen Kraftentfaltung. Seelisch muß sich dieses Verhältnis dann verraten durch ein Gefühl der Unlust, eine Unlust des Bedürfnisses, und in der Tat ist uns diese wohlbekannt: die Unlust der Leere, der Langeweile, des Überdrusses. So werden unter Umständen die anfänglich lustvollsten Erlebnisse auf die Dauer nicht nur gleichgültig, sondern direkt unangenehm, widerwärtig, unerträglich. „Nur etwas anderes“ wird die Losung, und jeder beliebige Wechsel, selbst wenn er Dinge bringt, die unter gewöhnlichen Um-

ständen wenig ansprechen würden, wird als Erlösung freudig begrüßt. Der gleichen Umwertung begegnen wir auf der Seite der Unlust. Sie wird geringer oder verschwindet bei öfterer Wiederholung derselben Eindrücke, das wird im allgemeinen heißen, diese Eindrücke haben aufgehört, eine Störung oder Hemmung vitaler Prozesse herbeizuführen, der Organismus hat sich ihnen angepaßt, er funktioniert jetzt normal, auch wenn sie einwirken, vielleicht sind sie eine Mitbedingung solches Funktionierens geworden. Ist das aber wiederum der Fall, so muß es sich für das Bewußtsein kundgeben durch Gefühle der Lust, und in der Tat sind auch diese wieder etwas sehr Verbreitetes. Die Lust der sozusagen unnatürlichen Genüsse gehört hierher, die Lust des Tabakrauchens, Alkoholtrinkens, Opiumessens, die Annehmlichkeit scharfer Gewürze, vor allem die Lust der Gewohnheit. Das Ungemach gewohnter Verhältnisse, die Mühen des gewohnten Berufs werden vielfach etwas für das seelische Wohlbefinden Unentbehrliches, und wie unter Umständen die Abwechslung um jeden Preis, so begrüßt man unter anderen Umständen die Rückkehr zu liebgewordenen kleinen Leiden mit der größten Freude.

So zeigt sich im einzelnen, in wie hohem Maße die Gefühle außer von den Eigenschaften der sie zunächst veranlassenden objektiven Ursachen mitbestimmt werden von dem jeweiligen Zustande des Organismus und seiner Funktionen, wozu wir auf dem Gebiete des sinnlichen Empfindens nur eine verhältnismäßig schwache Analogie haben in der Erscheinung der Adaptation. Je nach der Phase, in der bestimmte objektive Einwirkungen die von ihnen in Anspruch genommene Funktion gerade treffen, und je nach der ganzen letzten Vergangenheit dieser bestimmten Wechselbeziehung können die durch sie hervorgerufenen Gefühlswerte einander direkt entgegengesetzt sein. Daß unter solchen Umständen auch die angeborenen oder allmählich ausgebildeten Verschiedenheiten in der Organisation der einzelnen Individuen, ferner ihre Veränderungen durch Alter, Krankheit u. a. sich vor allem in Verschiedenheiten der Gefühlsreaktionen äußern müssen, liegt auf der Hand und braucht hier nicht weiter verfolgt zu werden.

3. Theorie. Die den Gefühlen objektiv zugrunde liegende Beziehung zu Wohl und Wehe des Organismus muß natürlich, um für die Seele jene eigentümliche Bedeutung zu gewinnen, irgendwie materielle Gestalt annehmen, d. h. sie muß zu konkretem Ausdruck in bestimmten materiellen Prozessen gelangen, die dann weiter auf das Nervensystem einzuwirken vermögen. Einigermaßen sichere Kenntnisse über diesen *gefühlserzeugenden* Prozeß besitzen wir nicht; immerhin seien einige Vermutungen erwähnt. Am häufigsten hat das mit den Gefühlen und namentlich den Affekten so eng verbundene Erröten und Erblassen den Gedanken nahe gelegt, daß die Sache mit der Blutzirkulation und der durch sie

bedingten Ernährung der Organe zusammenhängen möge. Die hier vorhandenen Möglichkeiten werden z. B. von Lehmann näher so ausgemalt: Lust sei dann vorhanden, wenn zwischen dem durch die Tätigkeit eines Organs bewirkten Verbrauch an Nährmaterial und dessen Zuführung durch das Blut Gleichgewicht bestehe; Unlust dagegen sei die psychische Folge jedes Mißverhältnisses zwischen diesen beiden Faktoren, sei es, daß der durch die äußeren Reize verursachte Verbrauch den jeweiligen Ersatz überschreite, sei es, daß er für die aus irgend welchen Gründen gesteigerte Zufuhr zu geringfügig bleibe. Ähnliche Vorstellungen finden sich bei Meynert. Anknüpfend u. a. an die bekannte Tatsache, daß starker körperlicher Schmerz häufig Ohnmachten verursacht, nimmt er an, daß allgemein stärkere Reize eine Arterienverengerung mehr oder minder ausgedehnter Bezirke der Hirnrinde und also Anämie herheiführen. Dadurch werde die Gewebsatmung der nervösen Elemente herabgesetzt und eine dyspnoetische Phase ihrer Ernährung hervorgerufen, und diese sei nun eben das materielle Äquivalent der durch starke Reize in der Regel bewirkten Unlustgefühle. Umgekehrt verhalte es sich mit schwächeren und also lustvollen Reizen: ihre nächste Wirkung sei eine Erweiterung der Gehirnarterien und damit eine Hyperämie gewisser Rindenbezirke, die dann die Gewebsatmung der Nervenelemente erhöhe. Das Gefühl ist ihm also „gleichsam der Ausdruck eines Sinnes für die Ernährungszustände der Rinde". Diesen Ernährungstheorien erwächst eine gewisse Schwierigkeit daraus, daß mit zweifellosen Erschöpfungszuständen des Nervensystems und also wohl auch der Hirnrinde sich bisweilen ausgesprochen heitere Stimmungen verbinden. Ziehen nimmt daher eine andere Tatsache als Ausgangspunkt. Wie die gewöhnliche Beobachtung lehrt und er auch experimentell bestätigen zu können glaubt, wird der Vorstellungsablauf durch Lustaffekte beschleunigt, durch Unlustaffekte verlangsamt und gehemmt. Daraus folgert er, daß der gefühlserzeugende Prozeß in der Entladbarkeit der Erregung bestehe, d. h. in der Tendenz und Fähigkeit der Nervenzellen, die in ihnen hervorgerufene Erregung in die mit ihnen verbundenen Assoziations- und Projektionsfasern auszustrahlen. Einer Steigerung dieser Entladungsbereitschaft entspreche das Lustgefühl, einer Verminderung das Unlustgefühl.[1]

§ 53. Die seelischen Gefühlsursachen.

1. Allgemeines über Arten der Gefühle. Es ist gebräuchlich, mancherlei verschiedene Arten der Gefühle zu unterscheiden, und man findet häufig viele Mühe darauf verwandt, sie nun nach diesen Arten richtig und ordentlich einzuteilen. Wird das Wort Gefühl, wie hier, auf die bloßen Erlebnisse Lust und Unlust eingeschränkt, so ist die Frage nach seinen Arten im eigentlichen Sinne damit erledigt; es sind ihrer diese beiden und nicht mehr. Alle sonst in bezug auf die Gefühle zu beobachtenden Artunterschiede kommen auf Rechnung der Empfindungs- und Vorstellungserlebnisse, an denen sie haften. Die Lust an einer behaglichen Wärme ist rein als solche

[1] Lehmann, Hauptgesetze des Gefühlslebens, S. 152 f. Meynert, Psychiatrie, S. 171 f. (auch Jahrbücher f. Psychiatrie, 3 S. 165). Ziehen, Physiologische Psychologie der Gefühle und Affekte. Verhdlgn. d. Ges. deutscher Naturforscher und Ärzte. 1902 Bd. I.

nicht anderer Art als die an einer ansprechenden Melodie oder an der glücklichen Vollendung einer künstlerischen Leistung: sie ist lediglich größer oder geringer und begleitet in jedem Falle höchst verschiedene Inhalte.

Wenn es anders zu sein scheint — und zunächst wird es vielen anders erscheinen, — so liegt dies daran, daß man diese inhaltlichen Verschiedenheiten nicht richtig veranschlagt. Sie bestehen nicht etwa nur in Wärmeempfindungen oder Gehörsempfindungen oder in der Vorstellung des Fertigseins mit den und den Dingen, sondern sehr wesentlich auch in begleitenden Organempfindungen, die dem Gesamterlebnis je ganz verschiedene Färbungen erteilen, und vor allem in hineinspielenden Nebenvorstellungen. Man erinnert sich flüchtig irgend welcher mit dem gegenwärtigen Erlebnis zusammen vorgekommener Dinge und Vorgänge und zugleich der damals mit diesen verknüpft gewesenen Lust und Unlust. Darauf beruht es z. B., daß die Lust an einem Dur-Akkord qualitativ anders erscheint als an einem Moll-Akkord, das Wohlgefallen an schönen Farben anders als an einem edlen Wein. Oder auch: man weiß aus der eigenen Erfahrung oder hat gehört aus der Beurteilung anderer, daß gewisse lustvolle Erlebnisse für das Seelenleben im ganzen und auf die Dauer, oder auch für das Gemeinschaftsleben der Menschen wertvoller und bedeutender sind als andere, daß z. B. ihr Lustertrag nicht auf den Moment und das einzelne Individuum beschränkt ist, sondern auch der Zukunft und anderen Individuen zugute kommt, daß er nicht durch eine spätere Unlust beeinträchtigt wird u. dergl., und diese Verschiedenheiten der Wertschätzung stellt man jetzt wiederum mit vor. Die Andersartigkeit der sogenannten niederen und der höheren, geistigen Genüsse gehört wesentlich hierher. Eine reinliche Sonderung der verschiedenen konkurrierenden Momente aber ist eine schwierige Sache, da sie durch keinerlei praktisches Bedürfnis gefordert wird, und so geschieht es, daß man bei dem Versuch einer gedanklichen Trennung der bloßen Gefühlsbetonung eines Erlebnisses von den sie verursachenden Inhalten diesen lediglich die durch die äußeren Umstände gegebenen und auf der Hand liegenden Empfindungs- und Vorstellungsbegleitungen zurechnet, während man jene unbestimmteren Organempfindungen und die nur leicht anklingenden Nebenvorstellungen fälschlich als Verschiedenheiten des Gefühls auffaßt.

Indes, wenn auch so die Artverschiedenheiten der Gefühle auf Lust und Unlust beschränkt werden, so sind darum doch die anderweitigen herkömmlichen Unterscheidungen nicht als überflüssig zu betrachten. Die von Gefühlen begleiteten seelischen Gebilde bedürfen jedenfalls, eben hinsichtlich ihrer gefühlserzeugenden Kraft, einer besonderen

Betrachtung und Durchmusterung, und dabei kehren dann im wesentlichen die Verschiedenheiten, die bei anderer Auffassung den Gefühlen selbst zugeschrieben werden, als solche der Gefühlsursachen wieder.

In erster Linie ist es zweckmäßig, um die Hauptgruppen kurz zu berühren, hier Empfindungen und Vorstellungen auseinander zu halten, deren Gefühlsbegleitungen man uneigentlich als *sinnliche Gefühle* und *Vorstellungsgefühle* zu bezeichnen pflegt. Unsere Vorstellungen bilden nicht nur, wie in den vorhin herangezogenen Fällen, früher erlebte Lust und Unlust sozusagen schattenhaft und teilnahmlos ab, sondern sie sind gleichzeitig auch selbst wieder Ursachen sehr realer und keineswegs bloß vorgestellter neuer Gefühle. Ursprünglich entlehnen sie diese durchaus von den ihnen entsprechenden Empfindungen: der Gedanke an eine körperliche Züchtigung ist höchst unlustvoll, ebenso wie die Sache selbst; man schwelgt in der Erinnerung an schöne Musik, ähnlich wie in ihrem sinnlichen Anhören. Aber infolge der Verwicklungen des Vorstellungslebens sowie infolge von Veränderungen im Zustande des Organismus kann es auch zu weitgehenden Loslösungen kommen: man schüttelt sich oft bei dem Gedanken an eine Speise, die man vorher mit Behagen genossen hat, und im vollen Bewußtsein jenes Behagens; die Erinnerung an ein unangenehmes Erlebnis kann zu einer Quelle von Lust werden, gerade weil die frühere Peinlichkeit der Sache mit vorgestellt wird. Und endlich können auch umgekehrt Empfindungen ihre Gefühlswirkung von Vorstellungen entlehnen: soweit Vorstellungen assoziativ von ihnen geweckt werden, werden deren Gefühlsbetonungen in ihre eigenen und unmittelbaren Gefühlswirkungen hineingetragen und vermögen diese mannigfach zu ändern. Ein sattes Grün als Farbe eines Insekts oder als Bestandteil eines Teppichmusters erfreut, sowohl an sich wie durch Erinnerung an die Vegetation; als Farbe der menschlichen Backen wäre es abscheulich.

Diese erste Verschiedenheit wird nun gekreuzt von einer zweiten. Sowohl Empfindungen wie Vorstellungen rufen Gefühle hervor nicht nur durch das, was sie an sich und vereinzelt für die Seele sind, sondern außerdem auch durch die Art ihrer Verknüpfung, durch ihre räumliche Nebeneinanderordnung, ihr zeitliches Nacheinander, oder durch ihre begriffliche Gruppierung zu einem so oder anders gestalteten Ganzen. Ein Musikstück ist schön nicht durch den Wohlklang der einzelnen, isoliert gedachten Töne — es kommt einiges, aber verhältnismäßig wenig hierauf an, — sondern durch seine Melodien und Harmonien, sogar auch durch seine Disharmonien, und wiederum durch alle diese nicht in ihrer Vereinzelung, sondern in ihrem Gesamtaufbau, mit einer gewissen Verteilung der dynamischen Schattierungen, der Tempi usw. Die an und für sich schönsten Farben können zu einem häßlichen

Teppich, die gleichgültigsten grauen Tupfen zu einem reizenden Ornament zusammengestellt sein. Der höchste und edelste Gegenstand macht an sich noch kein gutes Kunstwerk und der niedrigste und gemeinste an sich noch kein schlechtes. Gewiß sind die von diesen Inhalten ausgehenden Gefühlswirkungen nicht bedeutungslos für den Gesamteindruck, aber das, worauf es nun noch wesentlich ankommt, sind Auffassung und Behandlung des Gegenstandes, nicht etwa nur hinsichtlich der Anordnung seiner Farben, Formen u. dergl., sondern vor allem hinsichtlich der Reichhaltigkeit oder Armseligkeit, des Harmonierens und Kontrastierens der durch die gewählte Darstellungsform geweckten Gedanken. Man hat also zu unterscheiden, sowohl bei den sogen. sinnlichen wie bei den Vorstellungsgefühlen, zwischen *material bedingten* und *formal bedingten* Gefühlen, wie man den Gegensatz vielfach bezeichnet findet, oder auch, kürzer und uneigentlich, zwischen Inhalts- und Beziehungsgefühlen. Wie sich später zeigen wird, hat der Unterschied eine gewisse Beziehung zu dem anderen zwischen ästhetischen und nichtästhetischen Gefühlen, fällt aber keineswegs mit diesem zusammen.

Die Behandlung des Einzelnen wird am besten, um sie nicht zu zerreißen, auf einen späteren Zusammenhang verschoben: nur die Gefühlswirkung der einfachen Empfindungen möge gleich hier noch etwas näher betrachtet werden.

2. Beziehung zu den einfachen Empfindungen. Wegen der oben hervorgehobenen Bedeutung der Gewöhnung sowie des jeweiligen Zustandes des Organismus für den Charakter der Gefühle unterliegt jede Behauptung über ihre Verbindung mit bestimmten Empfindungen in Einzelfällen den stärksten Einschränkungen. Immerhin ist es möglich, für sozusagen mittlere Zustände und mittlere Gewöhnungsgrade doch zu einigen Sätzen von einer gewissen Allgemeingültigkeit zu gelangen.

Zunächst hinsichtlich der Stärke der Empfindungen. Wie oben schon bemerkt, haben objektive Reize von mittlerer Intensität in der Regel lustvolle, solche von sehr geringer oder sehr großer Intensität in der Regel unlustvolle Wirkungen. Für die von ihnen hervorgerufenen Empfindungen gilt Entsprechendes: und so sind z. B. mittlere Wärmegrade, eine mittlere Salzigkeit oder überhaupt Würzigkeit der Speisen, mittelstarke Berührungen angenehm, dagegen das Laue, das Laffe und Fade, die leise Berührung eines Insekts einerseits, und das Heiße, das Versalzene und Scharfe, der feste Druck andererseits entschieden unangenehm. Allerdings haben dabei im einzelnen die durch ein bestimmtes Gefühl charakterisierten Empfindungsstärken eine sehr

verschiedene Lage auf der Skala der uns überhaupt bekannten Empfindungen der betreffenden Art. Das Süße ist, abgesehen von Einzelfällen, nur in seinen höchsten Stärkegraden unangenehm, überwiegend aber angenehm; das Bittere dagegen ist nur in schwächeren Stärkegraden, so wie es z. B. im Kaffee, im Bier, in der Pfirsiche vorkommt, angenehm, überwiegend aber unangenehm. Durchweg von starker Unlust begleitet sind die Schmerzempfindungen, entsprechend ihrer Verursachung durch relativ intensive Reize; nur unter besonderen Umständen, z. B. beim Kratzen nach einem vorausgehenden Jucken, werden ihre schwächeren Grade als wohltuend empfunden.

Bemerkenswert ist noch die Art und Weise, wie bei der Steigerung oder Abschwächung von Empfindungen der mit gewissen Stärkegraden verbundene Gefühlston allmählich in den entgegengesetzten übergeht. Man findet vielfach die Behauptung, daß dies durch einen Indifferenzpunkt hindurch geschehe, daß also z. B. bei allmählicher Steigerung einer lustbetonten Empfindung diese nach Erreichung der höchsten Annehmlichkeit rasch ihren Lustcharakter verliere, bei einem bestimmten Stärkegrad vollkommen gleichgültig und neutral werde und weiterhin allmählich wachsende Unlustwerte bekomme. Es wird kaum möglich sein, ein solches Verhalten irgendwo als tatsächlich aufzuweisen. Eine angenehme Wärme oder Helligkeit oder Säure wird bei allmählicher Steigerung nirgendwo schlechthin indifferent, zu einer sozusagen rein theoretischen und gefühlsfreien Empfindung; auch bei vorsichtigstem Verfahren wird es niemandem gelingen, einen solchen Punkt anzugeben. Sondern, wie schon Horwicz richtig beschrieben hat, nach Überschreitung des Höhepunktes der Lust gesellt sich zu der schwächer werdenden Annehmlichkeit ein zunächst ganz schwaches Unlustgefühl; dieses wächst allmählich, aber so, daß für eine ganze Strecke der Empfindungsskala Lust und Unlust gleichzeitig oder oszillierend nebeneinander bestehen, bis schließlich die zunehmende Unlust allein übrig bleibt. Vielfach könnte man dies darauf schieben daß bei Steigerung der objektiven Reize Empfindungen einer neuen Qualität, nämlich Schmerzempfindungen, neben die bereits bestehenden und eine Weile noch fortdauernden Wärme-, Helligkeits-, Druck- usw. Empfindungen treten, sodaß also die abnehmende Lust auf Rechnung der ursprünglich vorhandenen, die gleichzeitig zunehmende Unlust auf Rechnung der neu hinzutretenden Empfindungen käme. Allein in anderen Fällen, z. B. bei dem Übergang des Bitteren oder Salzigen oder des Moschusgeruchs aus dem Angenehmen in das Unangenehme kann von einer neu hinzukommenden Empfindungsqualität keine Rede sein, während doch auch hier der Übergang sich durch eine Phase der Oszillationen und nicht durch einen Indifferenzpunkt vollzieht.

Sehr verschiedene Bedeutung haben die verschiedenen Arten der einfachen Empfindungen für das Gefühlsleben. In erster Linie stehen hier die sogen. Organempfindungen, ganz entsprechend der fundamentalen Wichtigkeit der sie vermittelnden Organe für die Erhaltung des Organismus und der Art. Die Empfindungen des Ernährungsapparates und der Sexualität, Hunger und Liebe in dichterischer Zuspitzung und Veredlung, liefern nach der Lust- wie nach der Unlustseite die stärksten an einfache Eindrücke gebundenen Gefühle, die wir kennen, und gewinnen dadurch bei der weiteren Verwebung ihrer Erinnerungsbilder in das Vorstellungsgetriebe eine ungeheure Bedeutung für das gesamte emotionelle Seelenleben. Ihnen folgen in einem gewissen Abstand die Empfindungen der Atmungs-, Zirkulations- und anderer Organe des Körperinneren. Teilweise, soweit nämlich die normale Funktion der sie vermittelnden Organe ununterbrochen von statten geht, sind sie von geringerem Lustwert für die Seele (S. 575), aber durchweg Quellen qualvollster Unlust bei gestörter Funktion. Auch sie haben eine allgemeinere Bedeutung für das Gefühlsleben durch ihre Beteiligung an den verwickelten Bildungen der Affekte und Stimmungen. Sehr starke Gefühle knüpfen sich dann weiter an die Geruchs- und Geschmackseindrücke, in Übereinstimmung mit der engen Beziehung dieser Empfindungen zu der Ernährungsfunktion. Um „gut“ zu essen, bringt man beträchtlich größere Opfer als die bloße Stillung des Hungers erfordern würde; andererseits erweisen sich widrige Gerüche, die z. B. von Kranken ausgehen, bisweilen mächtiger als die stärksten Bande verwandtschaftlicher Pietät. Die Gefühlsbedeutung der Empfindungen der Haut und der Bewegungsorgane muß im ganzen als geringer bezeichnet werden. Allerdings ist sie auf der Unlustseite, bei Verbrennungs- und Druckschmerzen, Ermüdung und den verschiedenen anderen Muskel- und Gliederschmerzen noch sehr erheblich. Aber die Annehmlichkeit einer wohltuenden Wärme, einer weichen Berührung oder gar einer isolierten Bewegung ist, abgesehen von besonderen Umständen, nicht so hervorragend, obwohl es sich hier nicht mehr um kontinuierlich funktionierende Organe handelt. Am schwächsten sind zweifellos die unmittelbaren Gefühlswirkungen der beiden in anderer Beziehung höchststehenden Empfindungsarten, der Gehörs- und Gesichtseindrücke. Gewiß fehlen sie nicht völlig. Töne sind uns im ganzen angenehmer als Geräusche, ferner Töne von einem gewissen mittleren Reichtum an Obertönen angenehmer als die an Obertönen sehr reichen schnarrenden und schmetternden oder die an ihnen sehr armen milden und weichen Töne. Bei den Farben ziehen wir die feurigen und satten den stumpfen und grauen vor, außerdem die

mittleren Stärkegrade den allzu großen und blendenden Helligkeiten. Aber alle diese Unterschiede sind doch weit weniger stark und ausgeprägt als für die übrigen Empfindungen; dazu werden sie außerordentlich leicht verändert und direkt in ihr Gegenteil verkehrt. Das, worauf es für die Gefühlswirkung auf diesen beiden Sinnesgebieten wesentlich ankommt, und was auch die feineren Verschiedenheiten, z. B. zwischen hohen und tiefen Tönen, oder zwischen roten, blauen und grünen Farben, in der Hauptsache bedingt, sind eben nicht sowohl die einfachen sinnlichen Eindrücke, sondern einmal deren Bedeutungen, d. h. die andersartigen Vorstellungen, die durch Erfahrungen mit ihnen assoziiert sind und an die sie jetzt erinnern, und sodann die Verbindungen, in denen sie gerade auftreten. Von beiden kann erst später gehandelt werden.

§ 54. Körperliche Begleiterscheinungen.[1]

Die starken, an Vorstellungen gebundenen Gefühle, die als Affekte bezeichnet werden, haben von jeher durch mannigfache nicht auf einen äußeren Zweck gerichtete körperliche Begleiterscheinungen die Aufmerksamkeit auf sich gezogen, wie Bewegungen der Arme und Hände, Kontraktionen der Gesichtsmuskeln, Änderungen der Atmung, Änderungen der Blutzirkulation u. a. Derartige Vorgänge nun, in abgeschwächtem Grade natürlich, sind auch schon bei den einfachsten Äußerungen des Gefühlslebens zu beobachten, und sie sind hier neuerdings vielfach Gegenstand experimenteller Untersuchungen geworden.

Den ersten Anstoß zu diesen hat wohl Mosso gegeben, der Gelegenheit hatte, Beobachtungen an einigen Individuen mit Defekten in der knöchernen Schädelkapsel anzustellen. Hierbei fand er u. a. die interessante Tatsache, daß bei leichten Unlustaffekten der Versuchspersonen, hervorgebracht z. B. durch einige Scheltworte oder den plötzlichen Anblick eines Schädels, eine sehr beträchtliche Volum-

[1] Mosso, Sulla circolazione del sangue nel cervello dell' uomo. Mem. dell' Accad. dei Lincei. Sc. fis., mat. 5; 1880. (Auch deutsch: Über den Kreislauf des Blutes im menschlichen Gehirn; 1881). Féré, Sensation et mouvement; 2. Aufl. 1900. Lehmann, Die Hauptgesetze des menschlichen Gefühlslebens; 1892. Die körperlichen Äußerungen psychischer Zustände. Teil 1, mit Atlas; 1899. Binet et Courtier, Influence de la vie émotionelle sur le coeur, la respiration etc. Année psychol. 3 S. 65; 1897. Zoneff und Meumann, Über Begleiterscheinungen psychischer Vorgänge in Atem und Puls. Philos. Stud. 18 S. 1; 1902. Gent, Volumpulskurven bei Gefühlen und Affekten. Ebda 18 S. 715; 1903. Martius, Zur Untersuchung des Einflusses psychischer Vorgänge auf Puls und Atmung. Bericht üb. d. 1. Kongr. f. experim. Psychol. 1904 S. 82. Math. Kelchner, Untersuchungen über d. Wesen des Gefühls mittels der Ausdrucksmethode. Arch. f. Psychol. 5 S. 1; 1905.

zunahme des Gehirns eintrat, verbunden mit einer ebenfalls beträchtlichen Erhöhung der einzelnen Pulsschläge. Eine Beeinflussung der willkürlichen Bewegungen durch einfache Gefühle glaubte Féré feststellen zu können. Einfache lustvolle Eindrücke, wie z. B. angenehme Gerüche, harmonische Tonverbindungen, bewirken nach ihm eine Steigerung der dynamometrischen Kraft der Hände, unlustvolle Eindrücke eine Verminderung dieser Kraft; jedoch ist eine Nachprüfung dieser Beobachtungen erwünscht. Besonders zahlreiche Untersuchungen sind seit der Mitte der 90er Jahre über den Einfluß der Gefühle auf Puls und Atmung angestellt worden. Indes ist einstweilen mit der Zahl dieser Arbeiten auch die Einsicht gewachsen, daß es sich hier um einen sehr schwierigen Gegenstand handelt, und daß es zur Gewinnung übereinstimmender und eindeutiger Ergebnisse noch einer Verbesserung der Methoden bedarf. Die von den Puls- und Atemschreibenden Apparaten angegebenen Veränderungen werden mannigfach kompliziert, teils durch rein physiologische rhythmische Schwankungen in der Innervation der Gefäße, teils durch unwillkürliche kleine Bewegungen der Versuchspersonen, teils endlich dadurch, daß schon jede Erregung der Aufmerksamkeit an sich und ganz unabhängig von begleitenden Gefühlen Änderungen der Atmung und der Blutzirkulation hervorruft. Die erhaltenen Kurven sind also vielfach sehr schwer zu deuten, und die von verschiedenen Beobachtern gewonnenen Resultate enthalten noch mannigfache Widersprüche. Es wird daher genügen, hier lediglich als Beispiel einige Angaben Lehmanns mitzuteilen, der gleichzeitig die Veränderungen in der Blutfülle des Unterarms, in den Pulsschlägen und den Atemzügen registrieren ließ. Für unlustvolle Eindrücke größerer Stärke sind nach ihm folgende Resultate als feststehend zu betrachten: die Atmung stockt vorübergehend, zeigt dann einige besonders tiefe Züge und bleibt eine Zeitlang mehr oder weniger unregelmäßig; die Blutfülle des Armes sinkt ziemlich erheblich unter die Norm; der Puls wird kleiner und zugleich etwas schneller. Mit dem Schwinden der Unlust tritt bisweilen eine Art Reaktion gegen diese Veränderungen ein, indem Armvolumen und Höhe der Pulsschläge nicht nur wieder zur Norm zurückkehren, sondern diese noch etwas überschreiten. Bei lustvollen Eindrücken sind die körperlichen Äußerungen schwieriger nachzuweisen und weniger gleichmäßig. Erstens vermögen die zu Laboratoriumsversuchen geeigneten Lustreize im ganzen nur Gefühle von geringer Stärke hervorzubringen, und zweitens erweisen sich gerade hier die eben erwähnten Begleiterscheinungen der bloßen Weckung der Aufmerksamkeit als störend, da sie den Wirkungen einer schwachen Unlust ähnlich sind und also die Lustwirkungen leicht verdecken. So haben

denn viele Beobachter besondere Lustreaktionen überhaupt nicht auffinden können. Nach **Lehmann** sind sie im wesentlichen direkt entgegengesetzt den Unlustreaktionen: die Pulsschläge erhöhen und verlangsamen sich, die Blutfülle des Armes sinkt ganz vorübergehend am Anfang der Reizung, um dann rasch über das ursprüngliche Niveau hinaus zu steigen. Nur treten diese Veränderungen selten oder nie zusammen auf; der eine oder andere Zug, also entweder die Pulserhöhung oder die Pulsverlangsamung oder die Volumzunahme, pflegt zu fehlen.

Ein Verständnis für diese Erscheinungen fehlt uns völlig. Weder über ihre unmittelbare Verursachung sind wir im klaren, wieweit sie also z. B. von Änderungen der Herztätigkeit abhängen, wieweit von Änderungen in der Gefäßinnervation, welche Beziehung zu gleichzeitigen Vorgängen in anderen peripheren Organen oder im Gehirn besteht, noch wissen wir das Geringste über ihren tieferliegenden Zusammenhang mit den selbst noch unbekannten zentralen Prozessen, die als die *eigentlichen* materiellen Äquivalente der Gefühle betrachtet werden müssen.

§ 55. Zusammenhang der einfachsten seelischen Gebilde. Trieb und Wille.[1]

Wir haben bisher durchweg mit künstlich isolierten Gebilden zu tun gehabt. Empfindungen, Vorstellungen, Gefühle in der Vereinzelung, in der wir sie durchmustert haben, sind nicht Vorkommnisse des realen seelischen Lebens, sondern, wie gleich zu Eingang betont (S. 181), die letzten für unsere Beobachtung unterscheidbaren Bestandteile oder Elemente umfassenderer Bildungen, die aber losgelöst aus den sie tragenden Zusammenhängen so wenig existieren oder je existiert haben, wie Nervenzellen oder Muskelfasern außerhalb der von ihnen gebildeten Organe oder außerhalb des Organismus. Jene realeren Bildungen, aus denen die Loslösung behufs genauerer Betrachtung des Einzelnen erfolgt ist, können uns erst später beschäftigen, aber eine allgemeine Andeutung über sie ist sowohl an sich, wie um den Anschein einer Lücke zu vermeiden, schon jetzt zweckmäßig.

Wo nämlich, wird man fragen, bleiben die Begehrungen und Willensakte, die doch insgemein den Vorstellungen und Gefühlen koordiniert an die Seite gesetzt werden? Müssen sie nicht als eine weitere Art

[1] **Münsterberg**, Die Willenshandlung; 1888. **Lipps**, Vom Fühlen, Wollen und Denken. 1902. **Pfänder**, Phänomenologie des Wollens; 1900. Die nach meiner Auffassung beste Darstellung des Gegenstandes bei **James**, Principles of Psychology, 2 Ch. 26; 1890.

seelischer Grunderscheinungen gezählt werden, oder doch als Erscheinungen, in denen eine solche weitere Art von Elementen als Bestandteil enthalten ist? Die Antwort muß verneinend lauten: Willensakte sind nicht Grunderscheinungen des Seelenlebens in dem Sinne, in dem es Empfindungen oder Vorstellungen sind. Sie stehen nicht neben diesen als eine neue Klasse seelischer Elementargebilde, deren Glieder denen der übrigen Klassen bisweilen angegliedert sind, bisweilen nicht, sondern sie stehen über ihnen. Sie sind — in ihrer einfachsten Gestalt — die Grundformen eben der Einheiten, in denen Empfindungen, Vorstellungen und Gefühle ursprünglich allein real vorkommen, jener umfassenderen Verbände, die, von Anfang an als ungeteilte Ganze vorhanden, für die später kommende abstrahierende Betrachtung Empfindungen, Vorstellungen und Gefühle als ihre unterscheidbaren Glieder erkennen lassen.

Alles Wollen beruht auf Erfahrungen, und es enthält deren Niederschlag als irgend welche Vorstellungen, die das Ziel oder den Inhalt des Wollens ausmachen. Fehlen sie, so spricht man von Trieben, auch wohl von Drang oder Streben. Worin nun bestehen diese? Das Kind hat einen angeborenen Ernährungstrieb; was geschieht in ihm, wenn dieser Trieb sich äußert? Entweder das Kind ist hungrig. Dann erlebt es einerseits längere Zeit hindurch eine allmählich zunehmende stark unlustvolle Empfindung, den Hunger. Zugleich aber vollführt es eine große Reihe von Bewegungen, die rein reflektorisch hervorgerufen werden, aber, indem sie geschehen, auch zum Bewußtsein kommen: es wälzt sich hin und her, zappelt, führt die Fäustchen zum Munde, verzieht das Gesicht, schreit. Der ganze Zustand dauert so lange, bis ein Erwachsener, durch die Unruhe und das Schreien des Kindes herbeigerufen, die Ursache der unlustvollen Empfindung und damit diese selbst beseitigt. Oder aber das Kind wird gerade genährt. Dann hat es an Stelle der unlustvollen sehr lustvolle Empfindungen: des Wohlgeschmacks und der allmählich zunehmenden Sättigung. Damit verbunden aber erlebt es ganz Ähnliches wie in dem vorigen Falle; es vollführt auch jetzt wieder mannigfache reflektorisch entstehende und dann in ihrem Ablauf empfundene Bewegungen: Mund und Kehlkopf sind mit Saugen und Schlucken beschäftigt, die Lider sind weit geöffnet, die Augen fest auf irgend einen Gegenstand gerichtet, was sich den Händchen gerade darbietet, ein fremder Finger oder die Flasche, wird umklammert. Die lustvolle Ursache wird durch alles dies in der Regel so lange festgehalten, bis sie, infolge der Änderung in dem Zustande des Kindes, ihre lustvollen Wirkungen verliert.

Zweierlei also ist es, was in jedem dieser Fälle — und so auch in allen anderen Fällen — die Äußerung eines Triebes für das Be-

wußtsein charakterisiert. Einmal irgend eine beliebige, einige Zeit andauernde und jedesmal stark gefühlsbetonte Empfindung. Daneben eine Gruppe von Empfindungen seitens der Bewegungsorgane, hervorgerufen durch die reflektorischen Kontraktionen und Spannungsänderungen zahlreicher Muskeln und die dadurch bewirkten Feststellungen oder Verschiebungen verschiedener Organe, also Spannungs- und kinästhetische Empfindungen (§ 32). Sie können im einzelnen sehr verschiedenen Quellen entstammen; aber da die Zahl dieser Quellen jedesmal eine sehr große ist, sodaß eine bestimmte Lokalisation in der Regel nicht stattfindet, und da sie im übrigen qualitativ wesentlich alle den gleichen Charakter haben, so bilden sie in ihrer Gesamtheit jedesmal einen ziemlich gleichartigen Faktor des ganzen Bewußtseinszustandes. Wir können sie daher mit einem gemeinsamen Namen belegen und als Tätigkeitsempfindungen bezeichnen.

Objektiv haben die Bewegungen, denen diese Empfindungen entstammen, gewisse zweckmäßige Folgen; hier in unserem Falle bewirken sie die Ernährung und damit die Erhaltung des Kindes. Aber für das Bewußtsein des Kindes ist ein solcher Zusammenhang ursprünglich in keiner Weise vorhanden; es weiß weder von bestimmten Nahrungsmitteln noch von Ernährung im allgemeinen. Es empfindet das Lustvolle und Unlustvolle einerseits und die Anspannungen wie die Unruhe seiner Organe andererseits; wohin diese Vorgänge führen oder daß sie überhaupt irgendwohin führen, nach einem bestimmten Ziele hintreiben, davon hat es nicht die mindeste Vorstellung. Nur wir Erwachsene sind über das schließliche Ergebnis unterrichtet, und wenn wir den ganzen Vorgang als Äußerung eines in seinem Bewußtsein wirksamen Ernährungstriebes betrachten, so leihen wir dem Kinde gewissermaßen unsere umfassendere Kenntnis, ähnlich wie wir sie der Pflanze leihen, wenn wir ihr einen Trieb zum Licht, oder dem Magneten, wenn wir ihm einen Richtungstrieb zuschreiben.

Allmählich aber erwirbt auch das Kind solche Kenntnis. Nachdem es viele Male die Ablösung des unlustvollen Eindrucks durch einen lustvollen im Zusammenhange mit einem gewissen Endgliede seiner Tätigkeiten erlebt hat, treten in ihm die Vorstellungsbilder dieser Enderlebnisse schon auf, wenn der ganze sie schließlich hervorrufende Prozeß eben einsetzt. Es empfindet dann nicht mehr nur den Hunger und seine Unruhe, sondern sieht gleichzeitig schon die Flasche, die ihm Sättigung bringt, die Mutter, die mit ihr herbeieilt, macht die Bewegungen durch, mit denen es sie ergreift, mit denen es den wohlschmeckenden Trank heraussaugt usw. Alles das nicht so, wie es sich in realer Wirklichkeit früher zugetragen hat und sogleich wieder zuträgt, aber doch ähnlich, als Vorstellung statt als

Empfindung, mit mancherlei Lücken und Unbestimmtheiten. Wenn das Kind so weit ist, dann will es; es will zu trinken haben in unserem Falle. Der Wille ist der vorausschauend gewordene Trieb. Er enthält zunächst das, was den Trieb charakterisiert, eine irgend welchen Ursachen entstammende Lust oder Unlust nebst den sie begleitenden Tätigkeitsempfindungen, außerdem aber noch ein Drittes, beide Verbindendes: die geistige Vorwegnahme eines Endgliedes der empfundenen Tätigkeiten, das zugleich als lustvolle Beendigung der gegenwärtigen Unlust oder als lustvolle Aufrechterhaltung der gegenwärtigen Lust vorgestellt wird.

Überall ist dies die Struktur des einfachen und ursprünglichen Wollens. So z. B. wenn ein Kind vom Boden aufstehen oder etwas sehen will. Seine gegenwärtige Lage oder seine gegenwärtigen Gesichtseindrücke sind ihm langweilig geworden; der Überdruß ruft Bewegungen hervor, die geeignet sind, es in eine neue Lage überzuführen oder ihm andere und lustvollere Eindrücke zu verschaffen. Aber indem es diese Bewegungen ausführt und lebhaft empfindet, hat es sie in gewisser Weise schon vollendet. Es steht in gewisser Weise schon wirklich, in seinen Gedanken nämlich, während es sich noch aufrichtet: es schaut schon aus dem Fenster, mit dem geistigen Auge, noch ehe es zu den Scheiben emporgehoben ist. Und eben in dieser eigenartigen Vereinigung seines Fühlens, Empfindens und Vorstellens besteht das, was wir sein Wollen nennen.

Natürlich aber braucht die Sache sich nicht in allen Einzelheiten so zu verhalten wie in diesen Beispielen. Wenn nur die in das Bewußtsein fallenden Glieder des Gesamtvorgangs im wesentlichen die gleichen sind, so kommt es auf nebensächliche Abweichungen nicht an; wir sind uns doch des Ganzen immer als eines gleichartigen Erlebnisses bewußt. Durch solche nebensächlichen Abweichungen sind namentlich zwei Gruppen von Fällen charakteristisch.

Einmal braucht das lustvolle oder unlustvolle Ausgangsglied des Vorgangs nicht notwendig Empfindung zu sein, es kann auch in Vorstellungen bestehen. Z. B. ich ziele nach der Scheibe und will ins Schwarze treffen. In meiner gegenwärtigen Empfindungslage findet sich nichts Unangenehmes, aber ich werde von unlustvollen Gedanken eingenommen. Man hat meine Fertigkeit im Pistolenschießen bezweifelt: das ärgert mich, und ich will mich zeigen. Oder ich bin mir meiner Ungeübtheit in dieser Kunst bewußt und werde davon im Hinblick auf eine mögliche Herausforderung bedrückt. Die Ursachen meiner Unlustgefühle und meines Wollens sind also hier etwas andere als vorhin. Aber in Verbindung mit ihnen habe ich nun einerseits

starke Tätigkeitsempfindungen, von der gespannten Haltung des ganzen Körpers, namentlich von seiten des Armes und des krampfhaft gebeugten Zeigefingers, von dem Zukneifen eines Auges, dem Anhalten des Atems usw., und andererseits Vorstellungen von dem die Unlust in Lust verkehrenden Endgliede meiner Tätigkeit, dem Abdrücken, dem Treffen des Zentrums usw. Das Gesamterlebnis ist mithin bei einem solchen Willensakt wieder vollkommen gleichartig dem der vorhin beschriebenen Fälle.

Zum andern braucht das geistig vorweggenommene Endglied des Vorgangs nicht notwendig in Bewegungen zu bestehen oder Bewegungen zu enthalten; es kann etwas beliebig anderes an deren Stelle treten. Wenn die Bewegung selbst als physischer Vorgang eintritt, ist es ja mit dem Wollen vorbei; die Unlust schwindet, die körperlichen Spannungen lösen sich. Solange gewollt wird, ist die Bewegung nur als gedanklich vorweggenommene, als Vorstellung, vorhanden, und ob nun an Stelle einer solchen Vorstellung andere treten, kann begreiflicherweise für das psychische Erlebnis keinen wesentlichen Unterschied machen. So kann sich mein Wollen z. B. auf Empfindungen richten, zu deren Hervorrufung gar keine Bewegungen mehr erforderlich sind: ich kann an einem Präparat, das ich eben betrachte, etwas sehen wollen, was mir bisher entgangen ist, oder ich kann an einem eben erklingenden Akkord Differenztöne heraushören wollen. Ja, das, was ich vorstellend vorwegnehme, kann unter Umständen selbst wieder bloße Vorstellung sein, z. B. wenn ich mich auf einen Namen besinne, den ich nicht auszusprechen beabsichtige, oder auf den Anfang einer Melodie, die Lösung eines Rätsels u. a. Natürlich ist dann die vorwegnehmende Vorstellung mit der hinterher das Wollen abschließenden nicht einfach identisch. Die erste ist lückenhafter, unbestimmter, sie enthält nur einzelne Bestandteile oder Beziehungen der anderen; die Vorwegnahme geschieht, kurz ausgedrückt, durch stellvertretende Vorstellungen derjenigen, in der das Wollen seine Erfüllung findet (S. 565). Z. B. ich suche einen Namen: ich weiß deutlich, er fängt mit einem M an. Ist es Müller? Nein, nicht so alltäglich, auch ist es der Name eines berühmten Musikers. Mendelssohn? Auch nicht, er ist nicht so lang, aber ein o ist allerdings darin. Mozart? Richtig, Mozart meinte ich. Man spricht in solchen Fällen, im Gegensatz zu den mit einer Bewegung oder Empfindung abschließenden, von inneren oder geistigen Willensakten, und man kann das als kurze Bezeichnung gelten lassen. Aber das Wollen selbst ist hier nicht innerlicher oder geistiger als sonst: der ganze Unterschied besteht, wie erwähnt, darin, daß an Stelle der Zielvorstellungen von Bewegungen und Empfindungen, die

durchweg das ursprünglichste Wollen charakterisieren, hier Vorstellungen von Vorstellungen getreten sind. Irgend welche lustvolle oder unlustvolle Veranlassungen des Wollens sind auch hier immer vorhanden, und Tätigkeitsempfindungen, worauf besonders hingewiesen werden muß, sind gleichfalls immer vorhanden. Wenn man sich besinnt, so wird der Kopf in einer bestimmten Stellung fixiert, die Augen werden fest auf irgend einen unbedeutenden Gegenstand gerichtet oder geschlossen, die Brauen zusammengezogen, die Hand leicht zur Faust geballt oder an die Stirn gelegt, der Atem ab und zu angehalten, oder aber man geht im Zimmer herum, mit gesenktem Kopf, gerunzelter Stirn, fest geschlossenem Munde, die Hände auf dem Rücken usw. Man atme wie gewöhnlich, unterdrücke alle solche reflektorischen Bewegungen, bewege den Kopf hin und her oder mache mit den Händen Freiübungen, so verfliegt auch das Besinnen. Man kann sich natürlich noch denken, man besänne sich, man kann auch noch Einfälle haben, aber von dem echten und eigentlichen Besinnen ist gleichsam nur noch sein Schatten übrig geblieben.

So gelangen wir überall zu dem gleichen Resultat: Willensakte enthalten als unterscheidbare letzte Elemente nichts Neues neben Empfindungen, Vorstellungen und Gefühlen, sondern sie sind bestimmte Verbände dieser drei Arten von Gebilden. Sie sind also begrifflich nichts Letztes und Ursprüngliches. Aber sie sind es zeitlich und genetisch. Sie vereinigen jene Elementargebilde, wie schon eingangs gesagt, eben in der Weise, in der sie ursprünglich allein Wirklichkeit haben. Sie spiegeln damit seelisch die einheitlichen Verknüpfungen des objektiven Geschehens, die sich äußerlich wahrnehmbar an dem Organismus vollziehen. Äußere Reize wirken auf ihn ein, und je nach ihrem Nutzen oder Schaden für seine Erhaltung sowie je nach seinen früheren Erlebnissen beantwortet er sie mit solchen oder anderen Bewegungen. Sein Leben bewegt sich, ursprünglich wenigstens, in lauter derartigen einheitlich geschlossenen Akten. Und alle Glieder dieser Einheit finden sich in eigentümlicher Weise wieder in dem ursprünglichen Willensakt: die äußeren Reize in verschiedenen sinnlichen Eindrücken, die Beziehung zu Wohl und Wehe des Organismus in deren Gefühlsbetonung, die motorische Reaktion in den Tätigkeitsempfindungen und die Nachwirkung der vergangenen Erlebnisse in den vorausschauenden Vorstellungen.

Man findet gelegentlich wohl das eine oder andere der angeführten Momente besonders hervorgehoben als vorwiegend charakteristisch für das Wollen, so z. B. die das Ende vorwegnehmenden Vorstellungen oder die begleitenden Spannungs- und Bewegungsempfindungen. Damit indes wird man der Sache nicht gerecht. Die bloße Vorwegnahme eines Zukünftigen in der Vorstellung

bedeutet Voraussicht oder Erwartung, aber nicht Wollen. Dazu gehört, daß das als zukünftig Vorgestellte zugleich auch als in der angegebenen bestimmten Beziehung stehend vorgestellt werde, sowohl zu der gegenwärtig gefühlten Lust oder Unlust wie zu den gegenwärtigen Tätigkeits- und Anstrengungsempfindungen. Wird es nicht als Glied eines solchen Ganzen gedacht, so wird es nicht gewollt, sondern als ein passiv, ohne eigenes Zutun Geschehendes vorgestellt. Beides kann unter Umständen direkt gegeneinander gehen. Ich kann ein heranziehendes Niesen oder einen Hustenanfall mit aller Macht unterdrücken wollen, aber zugleich schon voraussehen, daß das Ungewollte sich nicht mehr wird aufhalten lassen. Jedermann sieht voraus, daß er sterben wird, aber gewollt wird der Tod nur von wenigen. Ebensowenig sind die Spannungs- und anderen Tätigkeitsempfindungen das allein Maßgebende. Man denke sich — was ja in Wirklichkeit nicht möglich sein würde, aber doch fingiert werden kann — sie würden einmal ganz in derselben Art und Gruppierung, wie sie reflektorisch als Bestandteile eines Willensaktes entstehen, durch künstliche Reizung hervorgerufen: ein Wollen wäre damit, solange die anderen Glieder fehlen, nicht zustande gebracht.

Die bei weitem verbreiteteste Ansicht weicht nach anderer Richtung von der hier vertretenen ab, dahin nämlich, daß in dem Wollen noch etwas anderes stecke als die mehrfach angeführten Momente, etwas qualitativ Neues und Eigenartiges, das von jedem unmittelbar erlebt werde, aber freilich nicht weiter erläutert werden könne. Was zu dieser Ansicht geführt hat und sie leicht immer wieder als richtig erscheinen läßt, ist der bei der Behandlung des Psychischen so oft gemachte Fehler, daß man sich für die Auffassung des Elementaren an zu hohen und verwickelten Bildungen orientiert. Denn allerdings sind die oben gekennzeichneten einfachen Willensakte für das reich ausgebildete Seelenleben des Erwachsenen etwas verhältnismäßig Seltenes; hier tritt in der Tat unter Umständen zu den erwähnten Momenten noch etwas anderes hinzu, oder auch es fehlt eins von ihnen und wird durch etwas anderes ersetzt. Das erste geschieht z. B., wenn das Ausgangsglied des Willensvorgangs nicht eine, sondern mehrere widerstreitende Zielvorstellungen wachruft, die eine Weile miteinander abwechseln und schließlich einer einzigen von ihnen Platz machen. Dann entstehen die Erscheinungen des Überlegens, Erwägens, Wählens, die ihr Ende finden in einer Entscheidung oder dem E n t s c h l u ß. In dem Entschluß scheint allerdings etwas Neues gegeben, ein eigentümlicher Anstoß, der zu Empfindungen und Vorstellungen hinzukommen müsse, um ein Wollen daraus zu machen. Aber es ist etwas Neues doch nicht anders, wie etwa auch der Übergang eines Lichtes vom Flackern und Flimmern zu ruhigem Brennen als etwas Neues neben den einfachen Helligkeitsempfindungen bezeichnet werden kann, und er ist vor allem erst eine Erscheinung des v e r w i c k e l t e n Wollens und keine, die ihm ursprünglich notwendig anhaftet. Das Kind sieht ein Stück Zucker und will es haben; von einem Entschluß ist keine Rede, aber sein Wollen ist deshalb so echt wie das des überlegenden Erwachsenen. Das andere, der Ersatz eines Momentes, tritt ein, wenn das Wollen sich auf etwas in weiterer Zukunft Liegendes richtet, sodaß eine Verwirklichung in unmittelbarem Zusammenhang mit gegenwärtigen Betätigungen außer Frage bleibt; wie z. B. wenn man in 3 Wochen eine Reise antreten oder vom nächsten Montag ab ein neues Leben anfangen will. Dann kommt es nicht zu motorischen Innervationen, und es fehlen mithin auch die durch sie bewirkten Tätigkeitsempfindungen Aber was nun an ihrer Stelle ein solches Wollen charakterisiert, ist doch wieder nichts völlig Neues und Andersartiges, sondern etwas, was in engster Beziehung zu jenen steht, weil es aus ihnen geworden ist.

Durch das häufigere Erleben von einfachen Willensakten und von Verwirklichung ihres Inhalts bilden sich allmählich Allgemeinvorstellungen dieses ganzen Vorgangs: ich lerne etwas als lustvolles Endglied von Betätigungen vorstellen, die ich gegenwärtig nicht unmittelbar empfinde, sondern gleichfalls nur vorstelle. Und derartige Vorstellungen sind es, die bei dem Wollen des Fernliegenden eine Rolle spielen. Ich denke mir etwas Zukünftiges als Ergebnis einer selbst wieder nur gedachten eigenen Tätigkeit; ich denke es in einem ähnlichen Verhältnis zu meinem — auch nur durch eine Allgemeinvorstellung gedachten — Ich, wie ich es bei den ursprünglichen und alsbald zur Ausführung gelangten Willensakten zahllose Male in unmittelbarer Empfindung erlebt habe. Mit diesen und anderen Verwicklungen des Wollens aber können wir uns erst später eingehender befassen.

Viertes Buch.

Allgemeinste Gesetze des Seelenlebens.

Sieht man ab von dem tieferen Zusammenhang der Dinge (§ 4) und verbleibt auf dem Standpunkt ihrer naiven Betrachtung, so kann man sagen: die seelischen Gebilde entstehen ursprünglich, als Empfindungen, aus Einwirkungen der Außenwelt, setzen sich um in Vorstellungen, die sich mannigfach untereinander und mit jenen ersten verwickeln und verschlingen, und münden schließlich wieder nach mehr oder weniger zahlreichen Vermittelungen in Bewegungen der äußeren Organe des Körpers. Für eine eingehendere Behandlung der allgemeinsten Gesetzmäßigkeiten des seelischen Geschehens oder der gesetzmäßigen Beziehungen, in denen das Seelische steht, ergibt sich daraus naturgemäß eine dreifache Gliederung: I. Die Abhängigkeit der seelischen Gebilde von ihren äußeren Ursachen, II. die Gesetzmäßigkeit der sozusagen innerseelischen Vorgänge, d. h. der seelischen Erscheinungen, sofern sie unabhängig von ihren ersten äußeren Veranlassungen und ihren letzten äußeren Ausstrahlungen betrachtet werden, und III. die Abhängigkeit der äußerlich hervortretenden Bewegungen der Körperorgane von ihren seelischen Ursachen. Die erste Gruppe dieser Beziehungen indes ist bereits erledigt; das zu ihr Gehörige ist der Darstellung der verschiedenen Empfindungsarten gleich angeschlossen worden. Bleiben also noch die beiden übrigen Gruppen. Für die erste von ihnen, die innerseelischen Gesetzmäßigkeiten, scheint mir wieder eine Dreiteilung zweckmäßig, und zwar werde ich sondern:

1. Das Zugleichsein der seelischen Gebilde, genauer: die Inanspruchnahme der Seele durch mehrere gleichzeitig einwirkende Ursachen seelischer Gebilde (*Enge des Bewußtseins, Aufmerksamkeit*).

2. Die Aufeinanderfolge der seelischen Gebilde, bedingt, wie sich zeigen wird, durch die Wiederkehr früherer Einwirkungen auf die Seele (*Gedächtnis, Assoziation und Reproduktion*).

3. Die häufige Wiederholung seelischer Betätigungen (oder ihrer objektiven Ursachen). Die hierher gehörigen Erscheinungen (*Übung*, *Gewohnheit*, *Ermüdung* u. a.) sind zwar zum Teil nur Steigerungen der vorher schon zu behandelnden, haben aber zum Teil einen so eigenartigen Charakter, daß ihre gesonderte Betrachtung erforderlich ist.

Erstes Kapitel.

Das Zugleichsein der seelischen Gebilde.

§ 56. Enge des Bewußtseins und Aufmerksamkeit.

Wenn man an der Auslage eines bis dahin unbekannten Schaufensters vorübergeht und sich hinterher fragt, was man dort alles gesehen habe, wird man meist auffallend wenig Einzelheiten namhaft machen können. Zweifellos haben die Augen ihre Schuldigkeit getan: was es zu sehen gab, haben sie abgebildet; bei ihrem raschen Hin- und Herfahren sind vermutlich auch die meisten Gegenstände einmal zu einer Einwirkung auf die gut sehenden mittleren Netzhautpartien gelangt. Trotzdem werden nur wenige von den Eindrücken, deren objektive Reize so in gleicher Weise auf die Augen gewirkt haben, auch von nennenswerter Bedeutung für die Seele; nur wenige vermögen sich zu klar bewußten Wahrnehmungen durchzusetzen und weitere Wirkungen in der Seele hervorzurufen. Das meiste von dem, was nach Lage der äußeren Umstände hätte wahrgenommen werden können, und was bei längerer Betrachtung der Auslage oder bei gesonderter Vorführung der einzelnen Gegenstände auch unfehlbar bemerkt worden wäre, geht bei solcher Konkurrenz der Reize für das Bewußtsein verloren. Nur ein unbestimmter und ungegliederter Gesamteindruck hinterbleibt von ihm: es ist einem doch irgendwie anders zumute, als wenn die sämtlichen einzeln nicht bemerkten Gegenstände gefehlt hätten, oder als wenn sie durch andere Gegenstände ersetzt worden wären.

Ganz ähnlich auf dem Gebiete des Vorstellens. Ich sehe ein Gemälde „Selbstbildnis von Tizian“; was für Gedanken werden in mir wachgerufen? Tizian hätte mich an Venedig erinnern können, in anderen Fällen tut er es wirklich, und an eine ganze Welt von

weiteren Erinnerungen, die sich mit diesem Worte verbinden. Bei „Selbstbildnis“ liegt der Gedanke an Rembrandt nicht allzufern, dessen Selbstbildnisse ungewöhnlich zahlreich sind. Zu anderen Gedanken hätte der Ausdruck des Bildes oder seine Malweise Anlaß geben können, oder der Ort, wo ich ihm begegne usw. Aber keine von allen diesen Vorstellungen, deren Ursachen eben mit dem Anblick des Bildes auf mich einwirken, ist lebendig geworden; das eine Bewußtsein, was für ein schönes und packendes Bild es doch sei, hat sie gleichsam alle verschlungen oder doch nur vage Anklänge an sie alle aufdämmern lassen.

Das ist die erste wichtige Gesetzmäßigkeit des Seelenlebens: wirkt eine Mehrheit von Empfindungsursachen (d. h. äußeren Reizen) oder eine Mehrheit von Vorstellungsursachen (d. h. Empfindungen oder Vorstellungen) gleichzeitig oder innerhalb eines sehr kleinen Zeitintervalls auf die Seele, so beeinträchtigen und stören sie sich wechselseitig. Die Seele antwortet nicht mit allen den Empfindungen und Vorstellungen, die sie bilden würde, wenn die verschiedenen Glieder jener Mehrheit einzeln und in langsamerer Folge an sie heranträten. Ihre Leistungsfähigkeit ist begrenzt; sie vermag einer größeren Fülle gleichzeitiger Anforderungen nur teilweise gerecht zu werden. Wenn also von einer größeren Menge konkurrierender Einwirkungen einzelne besonders begünstigte sich durchsetzen und die ihnen mögliche Wirkung auch tatsächlich für das Bewußtsein hervorrufen, so geschieht es stets auf Kosten zahlreicher anderer. Und je energischer der Effekt einzelner Ursachen sich Bahn bricht, desto schwächer und unmerklicher werden die Effekte der übrigen. Sie sind nicht völlig verloren für die Seele, aber sie machen sich nicht gesondert bemerklich, sondern gehen zu einem einheitlichen Totaleindruck zusammen. Bisweilen macht sich dieser dann für die Seele wieder deutlich und bestimmt als ein eigenartiges Erlebnis an Stelle der Einzelheiten geltend (z. B. Klangfarbe an Stelle der Obertöne); vielfach aber hat er einen unbestimmten und diffusen Charakter und spielt im Bewußtsein keine größere Rolle. Er bildet nur sozusagen einen allgemeinen Hintergrund, von dem die bevorzugten Wirkungen sich abheben, ohne daß dabei übrigens eine scharfe Ablösung der hervortretenden von den zurücktretenden Eindrücken möglich ist. In anderen Fällen bringen es die zurückgedrängten Ursachen nur zu Vorstellungen und Empfindungen in Bereitschaft (S. 62), d. h. sie werden erst bewußt, wenn die bei jenem Konkurrenzkampf unterlegenen Ursachen ihres Hervortretens noch anderweitige Verstärkungen erfahren.

Noch einige weitere Beispiele dieser Gesetzmäßigkeit mögen Erwähnung finden. Wer mit geistiger Arbeit beschäftigt ist, muß darauf bedacht sein, sich gleichzeitigen Gehörseindrücken, wie Straßenlärm, Klavierspielen, Kindergeschrei, möglichst zu entziehen. Bisweilen gelingt es seinen Gedanken vielleicht, wie denen des Archimedes bei der Eroberung von Syrakus, sich im Vordergrunde seines Bewußtseins zu behaupten und jene Mitbewerber mehr oder weniger zurückzudrängen, aber in der Regel behaupten diese die Herrschaft, und die gedankliche Tätigkeit leidet Schaden. Ganz entsprechend sucht man beim Anhören schwieriger Musik gleichzeitige Gesichtseindrücke zu vermeiden oder doch möglichst einförmig zu gestalten: man schließt die Augen, oder man richtet sie gegen die Decke oder auf den Fußboden, um von den Bewegungen der Geiger oder dem Anblick der umgebenden Personen nicht in Anspruch genommen zu werden.

Kinder, die eben lesen gelernt haben, verstehen nicht gut, wenn sie leise lesen. Da das Lesen nur laut gelernt werden kann, so müssen sie besondere Anstrengungen machen, um die ihnen geläufigen Sprechinnervationen zu unterdrücken, und das stört ihr Verständnis des Gelesenen. Umgekehrt verstehen Erwachsene, die an das Leiselesen längst gewöhnt sind, oft nicht gut, wenn sie laut lesen: der Klang ihrer Worte wirkt zerstreuend auf sie. Geschriebene Arbeiten sind im allgemeinen schwerer zu verstehen und zu beurteilen als gedruckte; die Mühe des Entzifferns absorbiert dort einen Teil der seelischen Energie, der dann für das Verständnis verloren ist. Um von einer Lektüre rechte Frucht zu haben, ist es meist erforderlich, einen bestimmten und einheitlichen Zweck bei ihr im Auge zu behalten. Versucht man mehreren Gesichtspunkten gleichzeitig Rechnung zu tragen, will man z. B. den Inhalt des Gelesenen sich aneignen und zugleich auf seine Richtigkeit hin beurteilen, oder sachliche Beziehungen des Verfassers zu seinen Vorgängern und zugleich seine stilistischen Eigentümlichkeiten beachten, so hindert jede dieser Absichten die erfolgreiche Verwirklichung der anderen. Um die Druckfehler aus Korrekturbogen herauszubringen, muß man absehen von einer gleichzeitigen Kontrolle des Inhalts oder von Verbesserungen des Ausdrucks; alles zusammen kann nur durch mehrmaliges Durchlesen erreicht werden.

Einem Geistlichen ist selbstverständlich nichts geläufiger als das Vaterunser. Gleichwohl vermeiden es selbst erfahrene Geistliche, das Vaterunser vor der Gemeinde frei zu beten: wenn es irgend geht, lesen sie es ab. Das Bewußtsein, daß bei dem Hersagen dieses Gebetes unter keinen Umständen ein Versprechen oder eine falsche Betonung vorkommen darf, daß dergleichen aber bei freiem Vortrag

auch dem Geübtesten wohl zustößt, würde sie bei dem freien Beten so erfüllen, daß die Ausführung der ihnen sonst höchst geläufigen Leistung nun in der Tat in Gefahr geriete. Auch bei zahlreichen anderen Gelegenheiten übt so das Bewußtsein sich zeigen zu müssen, die lebhafte Vorstellung von der Größe und Wichtigkeit eines Vorgangs eine hemmende Wirkung auf den Ablauf dieses Vorganges selbst, z. B. beim Verkehr mit höherstehenden Personen, beim Auftreten vor der Öffentlichkeit, bei Prüfungen usw. Die scharfsinnigsten Antworten, die glänzendsten Darlegungen hat man sich vorher für die verschiedensten Fälle zurechtgelegt, aber gerade wenn es darauf ankommt und eben durch die übermächtige Konkurrenz des Gedankens, daß es jetzt darauf ankomme, versagen Witz und Gelehrsamkeit. Die Größe des Feldherrn besteht zum Teil darin, daß er unter Verhältnissen, in denen der gewöhnliche Mensch „den Kopf verliert“, unter dem Druck des Bewußtseins großer Gefahren, einer ungeheuren Verantwortlichkeit, noch sachgemäße, oft ganz einfache Überlegungen anstellen kann, zu denen andere nur in ruhigeren Verhältnissen befähigt sind.

Die gleiche Wechselwirkung wie zwischen rein geistigen Zuständen und Vorgängen besteht aber auch zwischen ihnen und körperlichen Bewegungen. In mittleren Stärkegraden vermögen beide leidlich gut nebeneinander herzugehen. Sowie aber auf der einen Seite die Energie der Betätigung erheblich gesteigert wird, verbindet sich hiermit sogleich eine Abschwächung auf der anderen. Starke Gemütsbewegungen, Schreck, Zorn, Schmerz, machen sprachlos, bei höchster Steigerung überhaupt bewegungslos. Sobald sie aber von körperlichen Bewegungen begleitet werden, verlieren sie ihrerseits an Energie. Das Fäusteballen und Aufstampfen mit dem Fuße trägt bei zum Verrauchen des Zornes; der Tränen „vergeblicher Lauf“ bewirkt doch Linderung des Kummers; mit dem kräftigen Schrei entladet und mildert sich der Schmerz. Die Hexen sangen auf der Folter. Lasten tragen oder Holzhacken verträgt sich nicht mit tiefem Nachdenken. Man geht spazieren und unterhält sich dabei mit einem Freunde. Aber je schneller der Gang, desto einsilbiger wird das Gespräch, und umgekehrt, je schwieriger der Gedankengang des Gesprächs, desto langsamer der Gang; bis die Unterredenden schließlich, um ordentlich aufeinander los zu argumentieren, völlig stehen bleiben.

Allerdings, wie gleich betont werden mag, erfährt nicht *jedes* psychische Gebilde von *jedem* anderen eine solche Zurückdrängung. Jedermann weiß, daß wir eine Mehrheit von Gebilden, die in einem *Zusammenhang* stehen, wie die beiden Begriffe eines Urteils, die Teile eines einheitlichen Satzes, mehrere Glieder eines Kunstwerks, sehr wohl gleichzeitig zu umfassen vermögen; ja, daß sie sich nicht

nur nicht stören, sondern sogar wechselseitig fördern. Selbst bei der Konkurrenz unzusammenhängender Dinge kann eine solche Förderung gelegentlich stattfinden. Der Anblick zahlreicher Zuhörer kann den Gedankenlauf anregen; mancher Redner spricht besser, wenn er gleichzeitig mit einem Bleistift spielen kann. Indes es kommt hier zunächst nicht auf Besonderheiten und Abweichungen in einzelnen Fällen, sondern auf die Beschreibung der großen und *allgemeinen* Gesetzmäßigkeit an.

Wie gleich oben (S. 594) bemerkt, stellt sich diese als eine zweifache dar. Dem Hervortreten einzelner besonders begünstigter Bewußtseinsinhalte auf der einen Seite entspricht auf der anderen ein Zusammengehen der Wirkungen der zurückgedrängten Ursachen zu einem einheitlichen und mehr oder weniger diffusen Totaleindruck. Auch hierzu seien noch einige Beispiele angeführt. Das Hören von Klangfarbe an Stelle von Obertönen wurde schon erwähnt. Weiter sind zu nennen solche Eindrücke wie Glätte und Rauhigkeit, Härte und Weichheit, Nässe und Trockenheit auf dem Gebiete der Haut- und kinästhetischen Empfindungen (S. 353), ferner die auf gleichzeitigen Geruchs-, Haut- und eigentlichen Geschmacksreizen beruhenden Eindrücke, die man im täglichen Leben als Geschmäcke zu bezeichnen pflegt (S. 422). Namentlich gehört dann das sog. *Gemeingefühl* auf dem Gebiete der Organempfindungen hierher. Die normale oder doch der Norm nahekommende Betätigung der ohne Unterbrechung funktionierenden inneren Organe unseres Körpers, wie der Lunge, des Herzens, der Ernährungsorgane usw., ruft unausgesetzt zahlreiche zentripetale Erregungen geringer Intensität hervor. Diese bringen es zwar nicht dazu, sich als selbständige und unterscheidbare Empfindungen für das Bewußtsein geltend zu machen, aber ihre ganze Masse vereinigt sich zu der Erzeugung eines unbestimmten und unzerlegbaren Gesamteindrucks mit schwacher Lust- oder Unlustbetonung, der stets einen eigenartigen Untergrund unserer übrigen Erlebnisse bildet; wir fühlen uns frisch, gesund, angeregt, oder matt, gedrückt, verstimmt u. dergl. Ähnliches aber ist nun jederzeit auch in mannigfachen anderen Hinsichten der Fall. Ich begegne einem Bekannten auf der Straße, habe Antwort zu geben auf eine Frage, grübele nach über die Lösung eines Problems. Wenn ich jedesmal noch so gewissenhaft Rechenschaft gebe über die sinnlichen Eindrücke, Gedanken, Gefühle, Wünsche, die mich in diesen Lagen erfüllen und die ich bestimmt als solche erkenne, den ganzen Inhalt meines Bewußtseins erschöpfe ich damit keineswegs. Stets bleibt noch etwas, was ich nicht näher zu beschreiben vermag, was aber doch zweifellos existiert und meinem gegenwärtigen Bewußtseinszustand seinen besonderen Charakter gibt; denn ich bin mir deutlich bewußt, daß es in jedem

der genannten Fälle ein anderes ist. Mir ist eigentümlich zumute, ich habe ein eigentümliches „Gefühl“, wie man mit Benutzung dieses vielgebrauchten Wortes wohl sagt, d. h. mit den klar bewußten Erlebnissen klingen allerlei Eindrücke, Erinnerungen usw. an und mit, die keine deutlich angebbare Gestalt gewinnen, die aber doch mehr sind, als wenn an ihrer Stelle nichts vorhanden wäre, und die auch ganz im allgemeinen als verschieden erkannt werden. So ist mir auch im Sonnenschein anders zumute als in Nebel und Regen, in der Kirche anders als im Gerichtssaal, bei der Aufführung der Räuber oder auch nur bei dem Gedanken an sie anders als bei dem Gedanken an Tasso, immer ganz abgesehen von allen Verschiedenheiten, die ich bewußt anzugeben und zu charakterisieren vermag. Und das rührt nun eben daher, daß die zahlreichen auf die Seele einwirkenden Empfindungs- und Vorstellungsursachen, die nicht zu bewußten Einzelwirkungen durchzudringen vermögen, doch nicht einfach verloren sind, sondern stets dazu beitragen,. einen diffusen aber eigenartigen *Rand* oder *Hintergrund* der klar bewußten Erlebnisse zu bilden.[1]

Man bezeichnet das beschriebene Verhalten der Seele in der Regel als *Enge des Bewußtseins*, wohl auch als *psychische Hemmung*. Außerdem ist für die soeben erörterte zweite Seite der Sache, das Zusammenfließen der gehemmten Wirkungen zu einem diffusen Hintergrunde der nicht gehemmten, noch der Ausdruck *Verschmelzung* üblich.[2] Bei weitem verbreiteter indes als diese Namen, die ganz auf

[1] Sehr eingehend und richtig spricht W. James von solchen diffusen Gesamteindrücken (Principles of Psychol. I S. 249 f; Talks to Teachers S. 15f). Er bezeichnet sie als *fringes* oder *margins* of conseiousness, im Gegensatz zu den central oder foeal objeets of the conscious field. Weniger glücklich finde ich die von Marbe und Orth vorgeschlagene Bezeichnung *Bewußtseinslage*, da sie dem Sinne und dem bereits bestehenden Gebraueh nach einen zu weiten Umfang hat (Orth, Gefühl und Bewußtseinslage S. 69).

[2] Man darf den Sinn dieses Wortes nieht mißverstehen, wie es wohl geschehen ist. Die Tatsache, die man mit ihm bezeichnet, besteht darin, daß eine Mehrheit von Ursachen psychischer Gebilde unter den gegenwärtigen Umständen nur einen ungegliederten Gesamteindruck bewirkt, während ganz dieselben Ursachen unter anderen Umständen, nämlich bei einer anderen Stellung der Seele zu ihnen oder bei sukzessivem statt gleichzeitigem Auftreten, eine wohl unterscheidbare Vielheit von Empfindungen und Vorstellungen hervorrufen. Die Sache ist also nicht so aufzufassen, als ob diese Empfindungen und Vorstellungen auch .in dem Fall der Verschmelzung vorhanden seien, nur eben in einer besonderen Weise, nämlich als „verschmolzene“, sondern sie sind in diesem Falle überhaupt nicht vorhanden, und statt ihrer ist etwas anderes da, jener eigenartige Gesamteindruck, in dem keine Einzelheiten unterschieden werden. Das, was verschmilzt im Falle der Verschmelzung, sind mithin nicht die seelischen Gebilde, sondern die nervösen Prozesse, die, obschon stets von verschiedenen getrennt bleibenden Ursachen eingeleitet, das eine Mal zu einem einheitlicheren

den wissenschaftlichen Sprachgebrauch beschränkt sind, ist eine andere Ausdrucksweise, die der populären Psychologie entlehnt ist. Diese bezeichnet unsere Hemmungserscheinungen vom Standpunkte des sie erlebenden Individuums aus; sie nennt den, in dessen Seele unter mehreren konkurrierenden Einwirkungen eine bestimmte sich durchsetzt und einen gesonderten Bewußtseinsinhalt zur Geltung bringt, in bezug auf eben diesen Inhalt *aufmerksam*, in bezug auf die anderen zurückgedrängten Inhalte *unaufmerksam* oder *zerstreut*. Ich horche aufmerksam auf das Rauschen des Meeres oder betrachte aufmerksam die Veränderungen einer Wolke, das heißt: in meiner Seele machen sich diese Eindrücke energisch geltend, sie kommen deutlich und mit mancherlei Einzelheiten zum Bewußtsein, rufen Gedanken hervor, die sich auf sie beziehen, während zahlreiche andere Eindrücke, deren objektive Ursachen gleichfalls gegenwärtig sind und auf meine Sinne wirken, für mich so gut wie nicht vorhanden sind. Aufmerksamkeit und Zerstreutheit sind die beiden Seiten des Zustandes, in dem sich die Seele infolge der Gesetzmäßigkeit der Enge des Bewußtseins jederzeit befindet, die beiden zusammengehörigen Folgen des Selektionsprozesses, der an der Fülle der gleichzeitig auf sie eindringenden Anforderungen unablässig vor sich geht. Die Aufmerksamkeit besteht in dem lebhaften Hervortreten und Wirksamwerden einzelner seelischer Gebilde auf Kosten anderer, für die gleichwohl auch gewisse Veranlassungen des Zustandekommens vorhanden sind, und die Zerstreutheit umgekehrt in dem Zurücktreten und Unwirksambleiben solcher seelischen Gebilde, deren Hervortreten man nach Lage der jeweiligen Einwirkungen auf die Seele hätte erwarten sollen.

Der sprichwörtliche Typus des zerstreuten Menschen ist der Gelehrte oder auch der Künstler. Die Dinge und Vorgänge des

---

zentralen Prozeß zusammenfließen müssen als das andere Mal. Außerdem ist zu beachten, daß das Wort Verschmelzung oben (S. 318) im Anschluß an Stumpf schon in einer anderen, der gegenwärtigen zwar verwandten, aber doch anders zugespitzten Bedeutung gebraucht werden mußte, nämlich für das Zusammengehen mehrerer Töne zu einem einheitlichen Ganzen, in dem sie doch zugleich als eine Mehrheit erkannt und gesondert werden. Wenn die einzelnen Glieder des objektiven Reizkomplexes sich für die Seele gesondert bemerklich machen, d. h. wenn der Komplex durch sogenannte Zuwendung der Aufmerksamkeit zerlegt wird, so ist die Verschmelzung in dem gegenwärtigen Sinne aufgehoben. Die Verschmelzung im Stumpfschen Sinne dagegen besteht fort auch bei vollkommenster Heraushebung und Sonderung der Einzelglieder durch die Aufmerksamkeit; sie ist ein Empfindungsverhältnis, „das auch dann bleibt, wenn die Analyse vollzogen ist“. — S. auch H. Cornelius, Über Verschmelzung und Analyse. Vierteljahrsschrift f. wissensch. Philos. 16 S. 404 und 17 S. 30.

täglichen Lebens, die die Seelen der übrigen ganz ausfüllen, berühren ihn oft nur wenig. Seine leiblichen Augen und Ohren werden natürlich auch von ihnen in Anspruch genommen, allein es entsteht daraus kein geistiges Sehen und Hören; die Eindrücke sind schwach und flüchtig; sie verfliegen, ohne merkliche Wirkungen zu entfalten, zur Verwunderung der Umgebung, bei der sie die alleinherrschenden sind. Aber der Gelehrte ist nur zerstreut, weil er so aufmerksam ist. Er ist intensiv geistig beschäftigt, nur mit anderen Dingen als den bunten Bildern und den Sorgen des täglichen Lebens, und eben wegen jener starken Inanspruchnahme aus inneren Ursachen vermögen sich diese nicht genügend Beachtung zu verschaffen.

§ 57. Bedingungen der Aufmerksamkeit.[1]

Die Aufmerksamkeit ist, wie gezeigt, das Resultat eines Selektionsprozesses; sie besteht in einer Einschränkung oder Konzentration der Seele auf eine gewisse Anzahl der ihr den obwaltenden Umständen nach überhaupt möglichen Empfindungen und Vorstellungen. Natürlich erhebt sich damit vor allem die Frage, durch was denn diese Auswahl geleitet wird, von was es jedesmal abhängt, daß bestimmte einzelne Ursachen die ihnen zugeordneten Wirkungen für das Bewußtsein durchzusetzen vermögen, während bestimmten anderen diese Gunst gegenwärtig versagt bleibt. Eine richtige Einsicht in diese Verhältnisse ist von der größten Bedeutung für das Verständnis der höheren Verwicklungen des Seelenlebens.

Für die populäre Vorstellung ist die Sache sehr einfach: die Entscheidung über Hervortreten oder Zurücktreten der einzelnen Gebilde beruht auf lauter Willkürakten der Seele. Einzelne ihrer jeweiligen Empfindungen und Vorstellungen sind für sie von besonderer Wichtigkeit, sie will von ihnen näher Kenntnis nehmen, sie um bestimmter Zwecke willen festhalten u. dergl.; daher „wendet sie ihnen ihre Aufmerksamkeit zu“, wie der anthropomorphistische Ausdruck lautet. Das andere hat für sie nicht solche Bedeutung, daher läßt sie es unberücksichtigt oder wendet sich direkt von ihm ab; car tel est son plaisir. Es bedarf keiner Worte, daß eine solche Auffassung für die wissenschaftliche Betrachtung der Dinge unmöglich ist. Die Seele ist kein besonderes Wesen außer und neben ihren Erlebnissen, das sich gegebenenfalls auch gegen diese wenden und

---

[1] Für die Gesamtheit der Aufmerksamkeitserscheinungen sind von Bedeutung: G. E. Müller, Zur Theorie der sinnlichen Aufmerksamkeit. 1873. Lipps, Grundtatsachen des Seelenlebens S. 125 u. 151. 1883. Ribot, Psychologie de l'attention. 1889. James, Principles of Psychology I S. 402. 1890.

allerlei mit ihnen vornehmen könnte; sie ist lediglich der Inbegriff oder die Gesamtheit alles dessen, was in ihr vorgeht und enthalten ist. Was also unter bestimmten Umständen in der Seele geschieht, kann nicht aus einem liberum arbitrium einer fälschlich in sie hineinsubstantivierten Realität begriffen werden, sondern nur aus bestimmten Eigentümlichkeiten der konkreten Faktoren, die unter jenen Umständen zusammenwirken. So auch die Bevorzugungen und Vernachlässigungen, in denen das Aufmerken besteht. Sie sind die streng gesetzmäßigen Folgen gewisser genau angebbarer Momente teils innerhalb teils außerhalb der Seele und der Beziehungen zwischen beiden. Zunächst können vier solcher Momente unterschieden werden.

1. In erster Linie sichert größere Stärke der auf die Seele einwirkenden Ursachen den zugehörigen Wirkungen das Hervortreten im Bewußtsein. Ein kräftiger Schlag, der Knall eines nahen Schusses, ein Blitz in dunkler Nacht, ein penetranter Geruch bleibt von niemandem unbeachtet. Die Seele mag in Anspruch genommen sein, wie sie wolle, ein genügend intensiver Empfindungsreiz erzwingt sich ihre Aufmerksamkeit. Reicht ein schwacher Anruf nicht aus, um jemanden aus seinen Gedanken herauszureißen oder von seiner Beschäftigung abzulenken, so tut es ein stärkerer Anruf. Umgekehrt sind Experimente mit sehr schwachen Reizen schwierig und unangenehm, weil es einer fortwährenden Anstrengung bedarf, um die Aufmerksamkeit auf sie konzentriert zu erhalten. Analoges gilt aber auch auf dem Gebiete des Vorstellens: Vorstellungen, die durch Empfindungen verursacht, d. h. assoziativ geweckt werden, treten unter sonst gleichen Umständen leichter ins Bewußtsein und gewinnen größere Macht in ihm als solche, die selbst wieder durch Vorstellungen verursacht sind. Die Vorstellungen lustvollen Genusses, die unmittelbar durch einen gegenwärtigen sinnlichen Eindruck hervorgerufen werden, tragen ursprünglich und unter einfacheren Verhältnissen durchaus den Sieg davon über die durch allerlei gedankliche Vermittelungen hindurchgehenden Vorstellungen zukünftiger unlustvoller Folgen.

2. Von größerer Bedeutung ist ein zweites Moment: der Gefühlswert der Eindrücke. Diejenigen Ursachen, die einen stark lustbetonten oder unlustbetonten Bewußtseinsinhalt zur Folge haben, setzen diesen Inhalt leichter durch als andere Ursachen ihre indifferenten Wirkungen. An glänzendem Schmuck, an satten Farben, an schönen Gesichtszügen bleiben die Augen haften, wenn man sie über eine Menge von Personen oder Gemälden schweifen läßt, aber auch an dem Monströsen und Abschreckenden. Ein leichter Schmerz am Finger und eine mäßige

dadurch verursachte Unbequemlichkeit zieht immer wieder die Aufmerksamkeit auf sich; es ist oft, als ob man gar nichts vornehmen könnte, ohne durch ihn gestört zu werden. Von langen Reden hört man vor allem, was einem zu hören Freude macht, das andere ist leicht tauben Ohren gepredigt; aber zugleich auch „spricht man vergebens viel, um zu versagen, der andere hört von allem nur das Nein“. Namentlich gehören hierher Fälle der folgenden Art. Wie oben (S. 572 u. 579) schon berührt wurde, sind u. a. bloße Verhältnisse und Beziehungen zwischen Vorstellungen von Bedeutung für das Gefühlsleben; Vorstellungen z. B., die miteinander harmonieren, sich wechselseitig ergänzen und bereichern und sich irgendwie zu einem größeren Ganzen zusammenschließen, werden dadurch Quell eines lebhaften Lustgefühls. Solche Lust nun, die hervorgebracht wird durch das harmonische Zusammengehen eines gegenwärtig der Seele nahegelegten Eindrucks mit früher erworbenen, jetzt durch ihn geweckten Vorstellungen, durch das Entgegenkommen, das jener bei diesen findet, bezeichnet man als *Interesse*, und sie ist es, die besonders häufig ein stärkeres Hervortreten jenes Eindrucks in der Seele bewirkt. Dinge, die einen interessieren, hört man auch aus dem leise geführten Gespräch mit einem Tischgenossen heraus, während die viel lauteren Reden der übrigen Tafelrunde unbeachtet bleiben. Wer Interesse für römische Kaisermünzen oder italienische Majoliken oder optische Apparate hat, d. h. wer auf diese Dinge sich beziehende Kenntnisse besitzt und jetzt deren lustvolle Erweiterung erlebt, wird von den Ursachen dieser Befriedigung gefesselt, sie drängen sich ihm auf, zeigen ihm eine Fülle von Einzelheiten, wo der Nichtinteressierte, nämlich der Kenntnislose, nur ödes Einerlei oder Nebensächliches oder gar nichts sieht. Daher auch die praktische Forderung, da wo etwas vor anderem von der Seele beachtet werden und für sie Geltung gewinnen soll, z. B. beim Unterricht, den Gegenstand interessant zu machen, d. h. bereits erworbene Vorstellungen durch ihn zu wecken und ihn zu diesen in lustvolle Beziehungen zu setzen.

3. Das Bewußtwerden wird gefördert durch Wiederholung. Seelische Gebilde, die in gleicher oder auch nur ähnlicher Weise früher schon in der Seele hervorgetreten sind, werden bei Wiederkehr ihrer Ursachen leichter und zugleich auch schneller beachtet, als es ohne das der Fall sein würde. Es ist ein Teil der als *Übung* bekannten Erscheinung, was hier gemeint ist. Der geübte Kliniker sieht an einem neuen Fall, der geübte Techniker an einer neuen Maschine sofort eine Menge von ihm bekannten und geläufigen Dingen, die der Ungeübte erst allmählich

oder auch gar nicht bemerkt. Aus einer größeren Fülle von Personen sehen wir zunächst die bekannten Gesichter heraus, über die übrigen fährt der Blick hin und her, ohne daß sie einen rechten Eindruck zu machen vermögen. Schwache Reizintensitäten und namentlich geringe Reizdifferenzen, die anfänglich keine bewußte Empfindung zu erzeugen vermochten, werden immer leichter und sicherer wahrgenommen, je länger und häufiger man sich mit ihnen beschäftigt hat. Teilweise sind es allerdings auch andere Momente, die hier mitspielen. Das schon Dagewesene weckt Vorstellungen früherer Begleitumstände, und durch das Zusammengehen dieser Vorstellungen mit dem gegenwärtigen Eindruck, durch eine Art Freude des Wiederfindens, wird das lebhaftere Hervortreten des Eindrucks begünstigt (Nr. 2). Bei verwickelteren Dingen kann zunächst ein Teil des Ganzen direkt zum Bewußtsein gelangen; dieser weckt assoziativ Vorstellungen der übrigen Teile, und diese erleichtern dann, wie sogleich zur Sprache kommen wird (Nr. 4), das Bewußtwerden der ihnen entsprechenden Wahrnehmungen. Allein diese Momente können doch nur als gelegentliche Verstärkungen eines auch sonst schon vorhandenen Einflusses betrachtet werden. Denn die Übung ist auch für das leichtere Auffassen des Einfachen von Bedeutung: bei der zunehmend besseren Wahrnehmung von schwachen Eindrücken und Empfindungsverschiedenheiten kann offenbar eine wechselseitige Unterstützung von Teilen nicht in Frage kommen. Außerdem entfaltet sie ihre begünstigende Wirkung auch, wenn gar kein bewußtes Erinnern an das frühere Dagewesensein der Eindrücke stattfindet. In der Bedeutung der Wiederholung für die Aufmerksamkeit muß also auch schon eine ursprüngliche Gesetzmäßigkeit als wirksam anerkannt werden.

Zugleich aber ist die Übung nicht nur in positiver, sondern, wenn man so sagen darf, auch in negativer Hinsicht von Wichtigkeit für das Bewußtwerden: D i n g e, d i e i n g l e i c h e r o d e r ä h n l i c h e r W e i s e f r ü h e r s c h o n a u f d i e S e e l e g e w i r k t h a b e n, d a b e i a b e r u n b e a c h t e t g e b l i e b e n s i n d, b l e i b e n i m m e r l e i c h t e r u n b e a c h t e t, j e h ä u f i g e r i h r Z u r ü c k t r e t e n z u g u n s t e n a n d e r e r E i n d r ü c k e s i c h w i e d e r h o l t h a t. Der geübte Historiker, Jurist, Beamte liest Akten, Urkunden, Verfügungen mit einer für den Laien erstaunlichen Geschwindigkeit und dabei doch mit viel größerem Gewinn als dieser. Alles bloß Formelhafte und Nebensächliche weiß er mit Sicherheit zu überspringen, er wird davon nicht mehr in Anspruch genommen, und die ganze Leistungsfähigkeit seiner Seele bleibt somit verfügbar für das Wesentliche, das in jedem Fall Interessierende. Wer in psychologischen Experimenten irgend einer Art geübt ist,

besitzt damit eine wertvolle allgemeine Übung für Experimente jeder beliebigen anderen Art. Der ganze Vorgang des Experimentierens, die Apparate, die mitwirkenden Personen usw. wirken zerstreuend auf den Ungeübten; er kann sich nicht sammeln, und die von ihm gelieferten Resultate sind daher durch Nebeneinflüsse gefälscht. Der Geübte hat von den Störungen mehr und mehr absehen gelernt; sein Bewußtsein wird im wesentlichen von dem erfüllt, worauf der Versuch eigentlich gerichtet ist, und seine Aussagen sind also vertrauenswerter. Auf ähnliche Weise ist es in der Hauptsache zu verstehen, daß man Aufmerken, Auswendiglernen, geistiges Arbeiten überhaupt ganz im allgemeinen in gewisser Weise durch Übung lernen kann. Was man im allgemeinen lernt, ist nicht sowohl die positive Beschäftigung mit den Dingen, die durch Übung immer nur für irgendwie ähnliche Gegenstände gefördert wird, sondern das Negative: absehen von gleichartigen Zerstreuungen, durch die Mitschüler, durch die Gegenstände der Umgebung, die kleinen Ärgernisse des Tages usw. (Weiteres über das Unbeachtetbleiben des wiederholt Dagewesenen und die damit zusammenhängende Bedeutung des Neuen und Ungewohnten für das Aufmerken folgt später, S. 712.)

4. Eine wesentliche Begünstigung erfährt endlich das Hervortreten seelischer Gebilde auf Kosten anderer durch das Vorhandensein von ihnen entsprechenden, d. h. ihnen ähnlichen, Vorstellungen. Das Ticken einer Uhr im Zimmer oder von der Straße heraufdringender dumpfer Lärm wird in der Regel von dem anderweitig Beschäftigten überhört. So wie er aber aus irgend einer Veranlassung an die Uhr oder den Straßenlärm denkt, springt auch die sinnliche Wahrnehmung von ihnen ins Bewußtsein: das Auftreten der sie abbildenden Vorstellungen hat ihnen gleichsam den bis dahin verlegten Weg geebnet. Das klassische hierher gehörige Beispiel ist das Hören von Obertönen oder Differenztönen. Ursprünglich ist ihre Wahrnehmung mit Schwierigkeiten verbunden, da der Grundton und die Primärtöne wegen ihrer größeren Stärke die Aufmerksamkeit immer wieder auf sich ziehen; sie sind daher auch, angesichts der Jahrtausende alten Beschäftigung mit Tönen, auffallend spät entdeckt worden. Aber wenn man den zu erwartenden Ton erst isoliert angibt, sich so eine Vorstellung von ihm bildet und mit dieser an die zu zerlegende Klangmasse herantritt, hört man ihn verhältnismäßig leicht heraus und sehr bald dann durch Übung immer besser. Ganz ebenso auf dem Gebiete des Sehens. Bei einem Wettstreit der Eindrücke beider Augen sieht man in der Regel, wie schon früher erwähnt (S. 475), das Bild, an das man eben energisch denkt. Der

geübte Mikroskopiker läßt beim Hineinschauen in den Tubus beide Augen offen. Er weiß ungefähr, was er zu sehen bekommt: daran denkt er, und dieser Gedanke verhilft den ihm entsprechenden Eindrücken des einen Auges zum Siege über die nicht vorgestellten des anderen. Die Deutung von Vexierbildern ist zunächst ziemlich schwierig, weil die Bilder so zusammengestellt sind, daß andere Figuren als die eigentlich gemeinte die Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen und man von dieser keine genügend bestimmte Vorstellung besitzt. Ist die Deutung aber einmal gelungen, so ist es umgekehrt kaum noch möglich, die versteckte Figur nicht zu sehen, da man sie immer in der Vorstellung vorwegnimmt und dadurch ihre sinnliche Anschauung aufs wirksamste fördert. Aber dasselbe gilt endlich auch für rein gedankliche Dinge. Tieferliegende Ideen einer philosophischen oder künstlerischen Schöpfung kommen einem nicht zum Bewußtsein, wenn man sie nicht in einer irgendwie ähnlichen Form selbst schon hat und mit ihnen dem Autor entgegenkommt; und darum ist die Auffassung vielseitiger und gedankenreicher Werke durch verschiedene Individuen eine so verschiedene, weil jedem, je nach seiner eigenen Gedankenwelt, anderes daraus entgegentritt.

5. Willkürliche Aufmerksamkeit. Bei dieser Begünstigung des Bewußtwerdens durch vorwegnehmende und stellvertretende Vorstellungen ist nun ein bestimmter Fall von besonderer Wichtigkeit. Zu seinem Verständnis ist zunächst eine allgemeine Bemerkung nachzutragen. Das Hervortreten eines Eindrucks in der Seele ist durchweg mit gewissen reflektorisch ausgelösten Bewegungen verbunden, die zum Teil sichtlich, soweit der Eindruck lustvoll ist oder das Interesse weckt, auf seine weitere Steigerung und sein längeres Festhalten gerichtet sind. Handelt es sich um einen Gesichtseindruck, so werden Kopf und Augen so gerichtet, daß der Gegenstand auf den Netzhautmitten abgebildet wird, und in dieser Stellung fixiert; die Lider werden weit geöffnet, die Spannung der Lippenmuskeln gelöst. Bei einem auffallenden Geruch wird der Kopf etwas gehoben oder suchend hin und her bewegt, die Luft schnüffelnd eingezogen; ein Gehörseindruck bewirkt eine leichte Vorbeugung des Kopfes gegen die Schallquelle, möglichst günstige Einstellung der Ohren gegen sie, Anspannungen der Kopfhaut usw. Im Gange befindliche Bewegungen der Arme und Beine werden in allen diesen Fällen in der Regel gehemmt; namentlich Änderungen der Atmung sind charakteristisch: sie wird vorübergehend flacher oder kommt auch wohl ganz zum Stillstande. Derartige Bewegungsreaktionen sind, wie gesagt, durchweg mit dem Aufmerksamwerden verbunden. Sie sind aber nicht

nur objektiv für den Körper vorhanden, sondern auch für die Seele; man empfindet sie als mannigfache Spannungen oder Betätigungen, ohne sie doch zumeist bestimmt zu lokalisieren, d. h.: man empfindet ganz allgemein **sich** als angespannt oder tätig, indem man aufmerksam ist. Sind nun im Augenblick der Entstehung dieses Zustandes Vorstellungen im Bewußtsein, die nicht nur einfach den noch nicht vorhandenen sinnlichen Eindruck vorwegnehmen und dadurch sein Auftreten begünstigen, sondern die ihn zugleich als einen sofort hervortretenden abbilden, die also außer seinem vorgestellten Inhalt auch ein Bewußtsein seiner zeitlichen Lokalisation enthalten, dann ist der Gesamtzustand durchaus gleich dem oben (S. 588) als Wollen beschriebenen, und man bezeichnet ihn daher als *willkürliche Aufmerksamkeit.*

Willkürliche und unwillkürliche Aufmerksamkeit werden in der Regel als gleichberechtigt nebeneinander stehende Arten unterschieden. Das ist nicht ganz richtig; die willkürliche ist nichts als ein besonderer Fall, eine bestimmte Bereicherung der anderen, allerdings ein enorm häufig vorkommender und ungemein wichtiger Fall. Beiden gemeinsam sind für das Bewußtsein zwei Momente: ein energisch hervortretender interessierender Eindruck und Spannungs- oder Tätigkeitsempfindungen. Bei der unwillkürlichen Aufmerksamkeit ist nun weiter nichts vorhanden als diese beiden, bei der willkürlichen kommt noch hinzu eine unablässig den Eindruck als bevorstehend oder als fortdauernd vorwegnehmende Vorstellung. Sie verhalten sich also zueinander wie Trieb und Wille (S. 588): die willkürliche Aufmerksamkeit ist die vorausschauend gewordene unwillkürliche. Daher ist auch das unwillkürliche Aufmerken stets auf eine ganz kurze Zeit beschränkt. Die zunächst ohne vorbereitende Vorstellungen ins Bewußtsein tretenden Eindrücke wecken sofort Vorstellungen von dem, was voraussichtlich folgen wird, und mit deren Hinzutreten vervollständigt sich eben der Gesamtzustand zu einem willkürlichen Aufmerken.

In den vorhin für die Kraft vorwegnehmender Vorstellungen angeführten Fällen handelt es sich vielfach bereits um eine Vorwegnahme mit zeitlicher Lokalisierung des Vorgestellten, d. h. eben um willkürliche Aufmerksamkeit. Man hört Obertöne meist nur, wenn man die Absicht hat, sie zu hören. Man tritt an die Klangmasse heran mit dem Bewußtsein, daß jetzt ein bestimmter in Gedanken festgehaltener Ton erklingen werde, und wenn er sich dann sinnlich heraushebt, antizipiert man fortwährend in Gedanken seine weitere Fortdauer; zugleich erlebt man von den mannigfachen dabei stattfindenden Bewegungen und Bewegungshemmungen her jene diffusen

Empfindungen, die dem ganzen Zustande seinen als Spannung bezeichneten Charakter geben. In diesem Gesamterlebnis besteht das, was man willkürliche Richtung der Aufmerksamkeit auf den Ton oder willkürliches Festhalten des Tones durch sie nennt. Ebenso bei dem Horchen auf leise Geräusche, bei der Betrachtung eines mikroskopischen Bildes, überhaupt bei sinnlichen Beobachtungen jeder Art. Aber ebenso auch bei reinen Vorstellungserlebnissen, z. B. wenn man die Aufmerksamkeit willkürlich auf gewisse Gedanken konzentriert. Man hat einerseits diese Gedanken im Vordergrunde des Bewußtseins nebst den Empfindungen verschiedener Bewegungsreaktionen, die die Fortdauer von Gedanken durch Fernhaltung äußerer Störungen begünstigen, zugleich aber hat man mannigfache stellvertretende Gedanken in bezug auf sie, die dann durch den Gedankenlauf selbst fortwährend bestimmtere Ausgestaltungen, Bereicherungen und Verdeutlichungen erfahren.

Allerdings verhält es sich nicht in allen Fällen, wo wir von willkürlicher Aufmerksamkeit reden, ganz so, wie eben beschrieben. Es kann sein, daß vorwegnehmende Vorstellungen nicht sogleich ihre Verwirklichung finden, kann auch sein, daß diese ganz ausbleibt. Ich richte meine Aufmerksamkeit angestrengt auf die Worte eines Redners, aber er spricht zu leise, ich kann ihn nicht verstehen. Oder ich konzentriere meine ganze Aufmerksamkeit auf die treffende Formulierung eines mir vorschwebenden Gedankens, aber es dauert recht lange, ehe mir eine glückliche Fassung einfällt. Offenbar bin ich nicht in dem Sinne aufmerksam auf Worte, die ich nicht verstehe oder nicht finden kann, wie ich es auf ein Licht bin, das ich gerade aufmerksam betrachte, oder auf einen Ton, den ich eben höre. In diesem zweiten Falle macht sich das, was ich als Gegenstand meiner Aufmerksamkeit bezeichne, mit großer Energie und unter Zurückdrängung anderer Gebilde in meiner Seele geltend, in jenem ersten ist es für sie gar nicht vorhanden. Stellvertretende Vorstellungen des Gegenstandes sind vorhanden, die mich in eine große Bereitschaft für seine Aufnahme setzen, ihm den Weg zu meinem Bewußtsein ebnen, für den Fall, daß noch andere Bedingungen seines Bewußtwerdens erfüllt werden, die aber nicht selbst schon dieses Bewußtwerden zu erzwingen vermögen. Genau genommen müßte man sagen, um sich in beiden Fällen übereinstimmend auszudrücken: Gegenstand der Aufmerksamkeit seien diese stellvertretenden Vorstellungen; die Aufmerksamkeit sei also z. B. auf die Gedanken gerichtet, die man sich von den Worten eines unverständlichen Redners macht, oder auch auf die Geräusche, die man statt seiner Worte hört. Aber es liegt auf der Hand, weshalb die Sprache diese Wendung nicht gewählt hat. Sie dient nicht der psychologischen Theorie, sondern praktischen Zwecken, und sie verwendet daher denselben Ausdruck, den sie zumeist für die tatsächlich in der Seele hervortretenden Gebilde gebraucht, nicht für diese, sondern vielmehr für andere, die durch sie nur vertreten werden, wenn diese anderen den überwiegend größeren Wert für die Seele besitzen. Natürlich ist an dieser Doppeldeutigkeit des Sprachgebrauchs nichts zu ändern; man muß sich aber bewußt sein, daß sie besteht.

6. Abschluß. Hiermit ist die oben aufgeworfene Frage, wovon der das Aufmerken charakterisierende Vorgang der Auswahl abhänge

und geleitet werde, einstweilen beantwortet. Zusammenfassend können wir sagen: wesentlich von einer zwiefachen Beziehung. Erstens von der Beziehung der auf die Seele einwirkenden Ursachen zu Wohl und Wehe des sie beherbergenden Organismus. Zum Bewußtsein und zu weiterer Wirkung in der Seele gelangt vorwiegend das hervorragend Lustvolle und das hervorragend Unlustvolle, d. h. eben das ihrem Organismus Förderliche und Schädliche, oder auch das objektiv Intensive, das ja, wie wir wissen, vielfach zugleich ein Bedrohliches für den Organismus ist. Zweitens von der Beziehung jener Ursachen zu den bisherigen Erlebnissen der Seele, sowohl zu dem, was sie früher erfahren hat, wie namentlich zu dem, was augenblicklich sie gerade erfüllt. Zum Bewußtsein gelangt vorwiegend das Wiederkehrende und vor allem das mit den gegenwärtigen Vorstellungen der Seele Übereinstimmende, das in diesen Vorstellungen abbildlich bereits Enthaltene.

Man findet häufig mit einiger Emphase hervorgehoben, daß die Seele in der Erscheinung der Aufmerksamkeit sich als eine selbsttätige Kraft bekunde, als ein Wesen, das nicht passiv die äußeren Einwirkungen erleide und sie lediglich ihren mechanischen Verknüpfungen überlasse, sondern das sich aktiv und spontan ihnen gegenüber verhalte und sie auf seine Weise, nach seiner Eigenart auswähle und verarbeite. Es steht nichts im Wege, sich so auszudrücken, auch wenn man dabei ganz absieht von den vorhin erwähnten Tätigkeitsempfindungen; einzelnen Richtungen in der Darstellung des Seelenlebens gegenüber mag es sogar direkt zweckmäßig sein. Allein durch das Vorausgegangene haben wir nun gelernt, wie eine solche Formulierung allein verstanden werden darf. Die Verschiedenheit des Erfolges für die Seele, wenn mehrere Einwirkungen sie gleichzeitig in Anspruch nehmen, verglichen mit deren getrenntem Auftreten, die dabei stattfindende Einschränkung auf einzelne der durch ihre Ursachen nahe gelegten Gebilde ist das Ergebnis des Zusammenwirkens mehrerer Faktoren. Im Grunde lassen sich diese zwar für unsere abstrahierende Betrachtung, aber nicht für ihre reale Wirksamkeit auseinander reißen. Es kommt gleichzeitig auf alles an; u. a. auch auf die besondere Natur jener Einwirkungen. Aber wenn man denn das eigentlich Zusammengehörige durchaus sondern will, kann man allerdings sagen, daß die bestimmenden Momente wesentlich auf Seite der Seele liegen. Von ihrer Eigenart, wie sie in ihrem Gefühlsleben sich kundgibt, von dem Leben, das sie hinter sich hat, und von dem anderen, das sie gegenwärtig durchlebt, hängt es ab, ob der Selektionsprozeß unter sonst gleichen Umständen diesen oder jenen Weg einschlägt. Dieses Verhältnis kurz als Aktivität der Seele zu bezeichnen und in Gegensatz zu passivem Erleiden zu stellen,

erscheint als ein ganz angemessener Ausdruck. Die Aktivität besteht dann also darin, daß die zureichenden Bestimmungsgründe für die Richtung der Aufmerksamkeit unter gegebenen Umständen nicht etwa nur in diesen Umständen, sondern zum größeren Teil in der Seele selbst liegen, ihrem Eigenleben entstammen. Aber diese Aktivität ist keine ungeteilte; nicht die alleinige Äußerung eines homunculusartig in dem ganzen Getriebe enthaltenen und darin eingreifenden besonderen Wesens, sondern das Resultat des Zusammenwirkens verschiedener genau angebbarer Faktoren, die das Seelenganze bilden helfen. Vor allem ist sie eine durchaus gesetzmäßige: die Seele kann sie bei einer bestimmten Vergangenheit, bei bestimmten Interessen, bei diesem gegenwärtigen Innenleben nicht anders entfalten, als sie wirklich tut. Für irgendwelches, sei es auch nur nebenher mitwirkendes, willkürliches Belieben ist dabei keinerlei Platz.

Die enge Beziehung, in die unter bestimmten Umständen das Aufmerken zu dem Wollen tritt, ist Veranlassung geworden, daß vielfach beide schlechtweg miteinander identifiziert worden sind. So definiert z. B. Kant das Aufmerken als „das Bestreben, sich seiner Vorstellungen bewußt zu werden" (Anthropologie § 3). Ähnlich unter den älteren Engländern, die überwiegend die Aufmerksamkeit ganz unberücksichtigt lassen, Th. Brown: „Attention to objects of sense appears to be nothing more than the coexistence of desire with the perception of the object" (Philosophy of the Human Mind, Lect. 31). In neuerer Zeit hat diese Anschauung namentlich durch Wundt kräftige Unterstützung und Verbreitung gefunden. Die „Erfassung einer Vorstellung durch die Aufmerksamkeit" bezeichnet er als *Apperzeption* und sagt von dieser: „Nach den Erscheinungen, die der Vorgang der Apperzeption darbietet, fällt derselbe . . . durchaus in das Gebiet der Willensvorgänge". Nicht nur in den Fällen von Aufmerksamkeit, wo sich die Willensanstrengung deutlicher geltend macht und allgemein anerkannt wird, sondern in allen behauptet er eine innere Wirksamkeit des Willens als vorhanden. Die übliche Entgegensetzung einer willkürlichen und unwillkürlichen Aufmerksamkeit bezeichnet er daher auch als irrig. Der Gegensatz sei anders aufzufassen: bei der sog. unwillkürlichen Aufmerksamkeit sei stets nur ein Vorstellungsmotiv vorhanden, welches die Willenstätigkeit bestimme. sie sei also eine einfachere Form des Wollens; die sog. willkürliche dagegen erscheine zugleich als eine Wahl zwischen verschiedenen Motiven (Grundzüge der physiol. Psychol. 5. Aufl. 3 S. 331 f. Grundriß der Psychologie § 15, 9).

Offenbar liegt eine solche Auffassung für den Psychologen, der die Aufmerksamkeit genauer betrachten und beschreiben will, einigermaßen nahe. Um die Beschreibung naturgetreu zu gestalten, wird er den Zustand des Aufmerkens in sich zu verwirklichen und zu beobachten suchen: dann ist er natürlich willkürlich aufmerksam und muß freilich die Merkmale des Wollens vorfinden. Selbstredend spielen auch noch andere Momente mit, da ja die schon durch den Sprachgebrauch gegebene „unwillkürliche" Aufmerksamkeit sich der Aufmerksamkeit keines Psychologen entziehen kann: indes interessieren diese hier nicht. Wie ist nun aber die Gleichsetzung von Aufmerksamkeit und Wille zu beurteilen? Wie bei so manchem, was in der Psychologie die Geister trennt, handelt es sich bei ihr im Grunde nicht um eine sachliche, sondern um eine Zweck-

mäßigkeitsfrage, eine Frage der Bezeichnung. Da, wie gesagt, die Fälle der unwillkürlichen Aufmerksamkeit niemandem fremd sind, so muß jemand, der dennoch jedes Aufmerken als ein Wollen bezeichnet, den Begriff des Willens so weit fassen, daß er auch etwas für gewöhnlich unwillkürlich Genanntes mit umschließt, und dann den tatsächlichen Unterschied zwischen willkürlichem und unwillkürlichem Aufmerken durch eine andere Namengebung wieder herausbringen. Die unwillkürliche Aufmerksamkeit hat, wie gezeigt (S. 607), verglichen mit der willkürlichen, einen triebartigen Charakter; um sie als Willensakt zu bezeichnen, muß dieser Wille mithin so definiert werden, daß er auch die Triebe in sich begreift. Wir sind daran durch Schopenhauer gewöhnt; aber daß die Erweiterung zweckmäßig sei, muß ich bestreiten. Hat die sprachliche Trennung von Trieb und Wille den Nachteil, daß sie die Verwandtschaft der beiden nicht zum Ausdruck bringt, so ihre Identifizierung den anderen, daß sie die Unterschiede verwischt; wer will entscheiden, ob der eine Nachteil so beträchtlich größer sei als der andere? Sachlich wird also nichts gefördert; sicherlich aber wird durch die Abweichung von dem geläufigen Sprachgebrauch Verwirrung gestiftet. Noch weit unzweckmäßiger aber erscheint es mir, wenn Wundt dann die beiden Arten der Aufmerksamkeit künftig als passive und aktive Apperzeption voneinander unterschieden wissen will. Wir haben dann, da ja die Apperzeption ein Willensakt ist, ein passives Wollen, d. h. also eine leidende Tätigkeit! Daß ich endlich sachlich die Beschreibung des Unterschiedes zwischen passiver und aktiver Apperzeption, als eines einfachen, nur durch ein Motiv bestimmten Wollens und eines zwischen mehreren Motiven wählenden Wollens, nicht zutreffend finden kann, geht aus der oben gegebenen abweichenden Darstellung dieses Unterschiedes hervor.

Die Aufmerksamkeit ist eine rechte Verlegenheit der Psychologie. Wie bei den englischen Assoziationspsychologen zumeist, so wird sie noch bis in die neueste Zeit in umfangreichen Darstellungen des Seelenlebens völlig vernachlässigt. In anderen erscheint sie auf die merkwürdigste, bisweilen darf man sagen hilfloseste, Weise eingefügt in die Systematik des Ganzen. Daß dabei dann zugleich in den Angaben und näheren Beschreibungen ihres Wesens große Mannigfaltigkeit herrscht, ist begreiflich. Die überwiegend meisten dieser Bestimmungen sind zu eng im Vergleich mit dem, was im Hinblick zugleich auf den bestehenden Sprachgebrauch und auf die innere Zusammengehörigkeit der Dinge zweckmäßigerweise als Aufmerksamkeit aufgefaßt wird; sie berücksichtigen zu sehr eine Seite der Sache oder etwas, was nur unter besonderen Umständen der Fall ist. Indes ich muß davon absehen dies hier weiter zu verfolgen.

§. 58. Besonderes über willkürliche Aufmerksamkeit.

Man hat neuerdings mehrfach versucht, verschiedene Verhältnisse des Aufmerkens im einzelnen näher zu untersuchen, womöglich auch mit Heranziehung von Experimenten. Dabei handelt es sich naturgemäß meist um willkürlich erzeugte und festgehaltene Aufmerksamkeit, und auf diese bezieht sich daher auch das Folgende. Ich teile die wichtigsten Ergebnisse zunächst über zwei Wirkungen der Aufmerksamkeit mit, dann über einige ihre Äußerungsweise selbst betreffende Punkte.

1. Aufmerksamkeit und Empfindungsstärke.[1] „Wir sehen", schreibt Fechner, „einen Gegenstand heller, wenn der Lichtreiz, der von ihm herkommt, stärker ist, aber wir sehen ihn nicht ebenso heller, wenn wir ihn aufmerksamer betrachten. Wir vernehmen einen Ton als einen stärkeren, wenn der Schallreiz stärker ist; aber die verstärkte Aufmerksamkeit läßt uns demselben keine größere sinnliche Stärke beilegen. Mögen wir aufmerksamer hinsehen, hinhören, die Helligkeit, die Schallstärke scheint uns nicht sinnlich dadurch verstärkt. Wir fühlen allerdings die verstärkte Aufmerksamkeit als eine verstärkte Tätigkeit unserer Seele, aber wir vermögen auch sehr wohl zu unterscheiden, was Sache der verstärkten Aufmerksamkeit und was Sache der verstärkten Sinnesempfindung ist."

In der Hauptsache verhält es sich gewiß so. Eine Stearinkerze gewinnt nicht die Helligkeit eines Auerlichtes, wenn man sie auch noch so aufmerksam betrachtet, ein Wein wird nicht süßer oder saurer, wenn man ihn „mit Verstand" trinkt. Die vorgehende Veränderung ist ganz anderer Art; sie besteht, um das oben schon Gesagte kurz zusammenzufassen, wesentlich in zweierlei. Das aufmerksam Wahrgenommene macht sich erstens mit größerer Energie in der Seele geltend, d. h. es drängt sich vor anderen Eindrücken und in besserer Abhebung gegen seine Umgebung im Bewußtsein hervor, und es wird in höherem Maße bestimmend für den weiteren Fortgang der Gedanken, es beherrscht die Reproduktion; zweitens treten in ihm verschiedene Seiten oder verschiedene Teile deutlicher und in schärferer Sonderung auseinander. Allein es ist doch fraglich, wie Fechner an anderer Stelle selbst anerkennt, ob eine solche Unabhängigkeit zwischen Energie des Hervortretens und sinnlicher Empfindungsstärke als eine absolute behauptet werden kann, ob nicht die Eindrücke durch Zuwendung der Aufmerksamkeit doch auch eine gewisse Steigerung ihrer Stärke erfahren. Man hat versucht, darüber durch direkte Beobachtung ins Klare zu kommen, indem man einen mit gespannter Aufmerksamkeit wahrgenommenen Eindruck mit einem gleichartigen anderen verglich, von dem die Aufmerksamkeit durch künstliche Störungen abgelenkt wurde. Indes solche Versuche sind, wie wir noch sehen werden (S. 621 f.), sehr schwierig und unsicher; sie haben auch kein übereinstimmendes Resultat ergeben. Man ist also

[1] G. Th. Fechner, Elemente der Psychophysik Bd. II Kap. 42. Revision der Hauptpunkte der Psychophysik Kap. 19. Stumpf, Tonpsychologie Bd. I § 4. Lipps, Suggestion und Hypnose. Sitz.ber. d. Bair. Akad. d. Wiss. Phil.-hist. Kl. 2 S. 398; 1898. Die sonstige deutsche Literatur des Gegenstandes bei Geyser, Über den Einfluß der Aufmerksamkeit auf die Intensität der Empfindung. Diss. München. 1897.

auf Rückschlüsse aus Erinnerungen und anderweitigen Beobachtungen angewiesen.

Diese scheinen nun in der Tat für einen gewissen Zusammenhang der beiden Momente zu sprechen. Man erinnert sich bisweilen, soeben in der Zerstreutheit oder im Halbschlummer die Schläge einer Uhr oder einer Glocke gehört zu haben, aber so, daß sie wie aus weiterer Ferne zu kommen schienen als gewöhnlich. Vermutlich sind hier doch die Schläge infolge der Zerstreutheit als sinnlich schwächere Eindrücke empfunden worden. In naher Beziehung zu den Stärkeverschiedenheiten der Empfindungen steht ferner, wie wir sahen (S. 552), die Lebhaftigkeit der Vorstellungen. Nun besitzen manche Personen die Fähigkeit, durch energische und anhaltende Konzentration der Aufmerksamkeit auf bestimmte Vorstellungen diese zu sehr empfindungsähnlichen Gebilden zu steigern. Am leichtesten gelingt es wohl bei Hautempfindungen. Denkt man angestrengt an eine bestimmte Fingerspitze oder irgendeine andere Hautpartie, so empfindet man häufig nach einer Weile ein leichtes Kribbeln oder eine schwache Wärme an der Stelle, wovon man sich bewußt ist, vorher nichts bemerkt zu haben. Auf dem Gebiete des Sehens geht die Steigerung bei einzelnen Individuen nach anscheinend glaubwürdigen Berichten so weit, daß von den willkürlich hervorgerufenen Farben sogar negative Nachbilder hinterbleiben. Auch die oben (S. 552) erwähnte Vervollständigung objektiv lückenhafter Melodien durch aufmerksames Lauschen gehört hierher. Endlich wird auch die bekannte Lebhaftigkeit der Traumbilder in diesem Sinne verstanden werden müssen. Wir sind im Traume ja freilich in anderer Weise aufmerksam als im wachen Zustande; einzelne Gebilde treten besonders hervor, nicht weil sie zahlreiche andere Ansprüche an das Bewußtwerden zurückgedrängt haben, sondern weil eine erhebliche Mitbewerbung gar nicht stattfindet. Aber hier für unsere Frage kommt der Unterschied nicht in Betracht: den Traumbildern ist eine relativ stark konzentrierte Aufmerksamkeit zugewandt. Und auch hier zeigt sich nun in Verbindung damit eine Steigerung der sinnlichen Stärke der Eindrücke.

Eine allgemeine Erhöhung der Empfindungsstärke durch Zuwendung der Aufmerksamkeit ist mithin durchaus wahrscheinlich. Man hat noch ein Bedenken gegen sie geltend gemacht: daß dann nämlich aufmerksame Beobachtung ja eine durchgehende Fälschung unserer Wahrnehmungen bewirken müsse. Allein diese Gefahr besteht wohl nicht. Die Empfindungsdaten, die wir in unseren Wahrnehmungen und Gedanken weiter verarbeiten, sind eben die aufmerksam gewonnenen. Darin besteht ja, wie mehrfach betont, zum Teil das Wesen der Aufmerksamkeit, daß vorwiegend das von ihr Begünstigte, nicht aber das

unaufmerksam Empfundene oder Vorgestellte zu weiterer Fortwirkung in der Seele gelangt. Mögen wir also immerhin die Uhr in der Zerstreutheit schwächer schlagen hören als bei voller Aufmerksamkeit, für das, was wir die objektive Stärke der Schläge nennen, wird allein der zweite Eindruck maßgebend, nicht der erste. Dieser wird nur gelegentlich einmal erinnert, aber sogleich als etwas nicht Normales, als eine „Täuschung" verworfen. So beziehen sich denn auch alle genaueren Angaben über Empfindungen, über ihre Eigenschaften, Schwellenwerte usw., wie jedermann ohne besondere Belehrung stets richtig versteht, durchweg auf eine erhöhte ihnen zugewandte Aufmerksamkeit. Verschiedenheiten aber, die nun noch etwa durch verschiedene Grade einer solchen erhöhten Aufmerksamkeit hervorgebracht werden könnten, werden als unerheblich betrachtet werden dürfen.

2. Beschleunigende Kraft der Aufmerksamkeit. Leichter festzustellen und dadurch weniger hypothetisch ist eine zweite Wirkung der Aufmerksamkeit: sie beschleunigt den zeitlichen Ablauf psychischer Prozesse. Schon aus dem täglichen Leben ist bekannt, daß mannigfache geistige Leistungen um so schneller von statten gehen, je mehr wir die Aufmerksamkeit auf sie konzentriert halten, allein dies hat bisweilen sehr verwickelte Gründe. Aber die Tatsache ist auch unter ganz einfachen Verhältnissen nachzuweisen und bekundet sich hier als eine letzte und nicht weiter ableitbare Erscheinung. Wir sind ihr schon früher einmal begegnet, bei Besprechung der Zeitanschauung (S. 487). Durch vorherige Richtung der Aufmerksamkeit auf einen bevorstehenden Sinneseindruck erfährt das Eintreten dieses Eindrucks ins Bewußtsein eine kleine Beschleunigung; der objektive Reiz bringt die ihm zugeordnete Empfindung rascher zustande, als wenn er ohne jene Vorbereitung einwirkt. Läßt man z. B. zwei verschiedenartige äußere Reize so rasch aufeinander folgen, daß ihre objektive Folge nur eben noch als solche erkannt wird, so muß das sie trennende kleine Intervall wesentlich größer (oft doppelt so groß) sein, wenn die Aufmerksamkeit auf den zweiten Eindruck eingestellt wird, als wenn auf den ersten.

Hierher gehört vermutlich auch eine eigentümliche Erscheinung bei sogenannten *Komplikationsversuchen*, die von Wundt ausgedacht sind und zu den ersten Versuchen der experimentellen Psychologie gehören. Vor einem Zifferblatt bewegt sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit ein Zeiger. Bei jeder seiner Umdrehungen kann durch eine besondere Vorrichtung an beliebig veränderlicher Stelle ein anderer Sinneseindruck, z. B. ein Glockenschlag oder ein Hautreiz, ausgelöst werden, ohne daß der Beobachter die betreffende Stelle kennt. Er

hat nun anzugeben, an welcher Stelle der Zeiger sich im Moment des Glockenschlages gerade befindet, und ist dazu auch nach Beobachtung einiger Umdrehungen imstande. Dabei aber kombiniert er den hinzutretenden Sinneseindruck in der Regel nicht mit der objektiv gleichzeitigen Stellung des vorbeieilenden Zeigers, noch auch, im Gegensatz zu dem, was man eigentlich erwarten sollte, mit objektiv späteren Stellungen. Sondern zumeist wird eine objektiv etwas frühere Zeigerstellung als gleichzeitig mit dem Glockenschlage angegeben, gleichsam als ob dieser eher wahrgenommen wäre, als er wirklich erfolgt ist (*negative Zeitverschiebung*). Namentlich bei noch nicht stark eingeübten Versuchspersonen sowie bei geringeren Geschwindigkeiten der Zeigerbewegung ist dies der Fall, während bei größeren eher eine positive Zeitverschiebung auftritt; auch wird bei Beobachtung unmittelbar aufeinander folgender Umdrehungen der Schall in der Regel allmählich weiter zurückverlegt. Sieht man ab von mannigfachen Verwicklungen, die bei der Sache mit von Bedeutung sind (z. B. von dem Einfluß der Zeichen, an denen sich der Zeiger vorbeibewegt, oder von allerlei Überlegungen der Versuchspersonen), so wird sie im wesentlichen so zu erklären sein. Die in einem bestimmten Rhythmus wiederkehrenden Schalleindrücke ziehen die Aufmerksamkeit sehr stark auf sich und werden, wenn dieser Rhythmus ein einigermaßen bequemer ist, ungefähr im Moment ihres Eintretens zugleich auch sehr intensiv erwartet. Dadurch aber kommen sie etwas früher zum Bewußtsein als die zur selben Zeit gerade wegen jener Richtung der Aufmerksamkeit etwas vernachlässigten Zeigerstellungen.[1]

---

[1] Wundt, Physiolog. Psychologie 5. Aufl. 3 S. 67. Geiger, Neue Komplikationsversuche. Philos. Studien 18 S. 349; 1902.

Auf der bei den Komplikationsversuchen auftretenden Zeitverschiebung beruht in der Hauptsache eine für die praktische Astronomie wichtige Erscheinung, deren genaueres Studium eben den Anlaß zu jenen Versuchen gegeben hat: die sogenannte persönliche Gleichung. Im Jahre 1796 sah sich der Direktor der Sternwarte zu Greenwich, der Reverend Maskelyne, zu seinem Bedauern gezwungen, seinen Assistenten Kinnebrook zu entlassen, weil die von diesem beobachteten Sterndurchgänge durch den Meridian eine allmählich zunehmende und schließlich fast eine volle Sekunde betragende Differenz gegen die von ihm selbst, dem Direktor, ermittelten Zeiten zeigten (Astron. Observations made at the Roy. Observatory at Greenwich Part III, p. 339). Die Beobachtungen geschahen nach der sogenannten Auge- und Ohrmethode. Dabei hat der Astronom einmal den das Gesichtsfeld durchlaufenden Stern und seine Vorübergänge an mehreren in dem Fernrohr vertikal ausgespannten Fäden zu beobachten, dazu aber gleichzeitig auf die Schläge eines Sekundenpendels zu hören und sie fortlaufend zu zählen; und durch Vereinigung beider Wahrnehmungen hat er nun jedesmal festzustellen, an welcher Stelle der Stern sich bei dem letzten Schlage vor dem Passieren eines Fadens und bei dem ersten Schlage nachher gerade befindet, um daraus den genauen Moment des Fadendurchtritts abzuschätzen.

Sehr deutlich tritt die beschleunigende Wirkung der Aufmerksamkeit sodann bei *Reaktionsversuchen* hervor, d. h. bei der Bestimmung der Zeiten, die erforderlich sind, um einen einfachen Sinneseindruck möglichst schnell mit einer verabredeten einfachen Bewegung zu beantworten. Eine gewisse Anspannung der Aufmerksamkeit ist hier ja immer vorhanden, sobald die Versuche begonnen werden: die Versuchsperson weiß von den bevorstehenden Eindrücken und muß auch ihre Gedanken fortwährend irgendwie auf die vereinbarte Bewegung gerichtet halten. Aber gleichwohl besteht nun ein großer Unterschied, ob man es bei dieser allgemeinen Vorbereitung bewenden läßt, oder ob man unmittelbar vor jedem Einzelversuch durch ein geeignetes Zeichen noch eine besondere Anspannung der Aufmerksamkeit hervorbringt. In diesem zweiten Falle ergeben sich nicht unerheblich niedrigere Reaktionszeiten; Werte z. B. von $^1/_4$ bis $^1/_6$ Sekunde werden durch das Vorangehen eines Signals um rund $^1/_{20}$ Sekunde verkürzt. Zugleich aber bringt die beschleunigende Kraft der Aufmerksamkeit noch andere charakteristische Verschiedenheiten hervor, je nachdem sie mehr der einen oder mehr der anderen Seite des Reaktionsvorgangs zugute kommt. Konzentriert man die Aufmerksamkeit vorwiegend auf den bevorstehenden Sinneseindruck (*sensorielle Reaktion*), so wird dessen Eintritt in das Bewußtsein nach dem eben Gesagten etwas beschleunigt; nur wird der Moment dieses Eintritts nicht direkt fixiert; die Zahlen geben also hiervon weiter keine Kunde. Durch die starke Hingabe der Versuchsperson aber an den erwarteten Eindruck wird die Vorstellung der auszuführenden Bewegung etwas in den Hintergrund gedrängt; die Bewegung selbst erfolgt dadurch etwas verspätet, und die durch sie abgeschlossene Reaktionszeit fällt mithin im allgemeinen größer aus, als wenn die Aufmerksamkeit z. B. gleichschwebend auf die Vorstellungen des Eindrucks und der Reaktionsbewegung verteilt worden wäre. Umgekehrt bei vorwiegender Konzen-

Maskelyne vermutete, daß sein Assistent durch irgendeine Verirrung von dieser „ausgezeichneten Methode“ abgewichen und „into some irregular and confused method of his own“ verfallen sei. Indes nicht lange nachher erkannte man, daß man es hier mit einer ganz allgemeinen Erscheinung zu tun habe, die nur in dem Falle Kinnebrook mit besonderer Deutlichkeit hervorgetreten und daher aufgefallen sei. Die von verschiedenen Beobachtern nach jener Methode gewonnenen Resultate differieren allemal um einen zeitweilig konstanten, kleinen Betrag voneinander, weil die bei solchen Beobachtungen ganz wie bei den Komplikationsversuchen regelmäßig eintretenden Zeitverschiebungen bei verschiedenen Individuen nicht dieselbe Größe haben, unter Umständen auch einander entgegen gerichtet sein können und sich dann also summieren. Daß bei den astronomischen Beobachtungen außerdem jene Differenzen bisweilen viel größere Werte erreichen als bei den Komplikationsversuchen in der beschriebenen Form, liegt an der größeren Verwicklung der Umstände bei jenen.

tration der Aufmerksamkeit auf die Bewegung (*motorische Reaktion*). Ihre Ausführung in unmittelbarem Anschluß an die Wahrnehmung des Eindrucks wird dadurch beschleunigt; die Reaktionszeiten werden also im allgemeinen etwas kleiner als bei gleichschwebender Einstellung der Aufmerksamkeit. Nur wird jetzt die Vorstellung des zur Auslösung der Bewegung bestimmten Eindrucks etwas in den Hintergrund gedrängt; seine besondere Beschaffenheit wird nicht mehr genügend beachtet, und bisweilen wird so die stark vorbereitete Bewegung durch beliebige andere Eindrücke, zufällige Geräusche und dergl., zum „Losgehen" gebracht; es kommen vielfach Fehlreaktionen vor.[1]

3. Teilung der Aufmerksamkeit. Besteht das Aufmerken in einer Einschränkung des bewußten Hervortretens auf einzelne Gebilde infolge der allzu großen Zahl gleichzeitiger Ansprüche an die Seele, so ist für eine genauere Kenntnis des Vorganges die Beantwortung der folgenden beiden Fragen von Interesse:

1) Wieviel verschiedenen Erlebnissen vermag jemand unter günstigen Umständen seine Aufmerksamkeit gleichzeitig und einigermaßen gleichmäßig zuzuwenden? über welchen Umfang von Dingen ist eine *Verteilung* der Aufmerksamkeit möglich?

2) Wieweit läßt sich die auf einen einzelnen Gegenstand gerichtete Aufmerksamkeit bei Hinzutreten anderer Einwirkungen aufrecht erhalten? welche Kraft der *Konzentration* hat die Aufmerksamkeit gegenüber ablenkenden Einflüssen?

Natürlich ist mit der Trennung der beiden Fragen nicht gemeint, diese beiden Äußerungsweisen der Aufmerksamkeit, Verteilung und Sammlung, seien etwas real voneinander Unabhängiges. Sie stehen vielmehr in einem direkten Gegensatz zueinander, insofern als innerhalb desselben Individuums jede Ausbreitung der Aufmerksamkeit mit einer Abschwächung der Konzentration und jede Steigerung der Konzentration mit einer Verringerung des Umfanges verbunden ist. „Pluribus intentus minor est ad singula sensus." Sie stehen aber auch noch in anderer Weise in einem Gegensatz: bei der Vergleichung verschiedener Individuen miteinander. Wer besonders stark von einzelnen Eindrücken, einzelnen Gedanken in Anspruch genommen

[1] Näheres über die Resultate von Reaktionsversuchen bei Wundt, Physiol. Psychologie 5 Aufl. 3 S. 410 f., und Jastrow, The Time-Relations of Mental Phenomena. 1890. — Die ausgedehnte Literatur über sensorielle und motorische Reaktionen bei Stern, Psychologie der individuellen Differenzen S. 142 f.; 1900 und Titchener, Experimental Psychology 1, 2 p. 225; 1901. — Über die weiterhin erwähnten Wahlreaktionen s. Tischer, Philos. Stud. 1 S. 533 f. und Merkel, Ebda. 2 S. 73.

zu werden pflegt, wird eben dadurch leicht eine größere Weite des Blickes vermissen lassen; einseitige Energie des Denkens und umsichtige Berücksichtigung mannigfacher Gesichtspunkte fallen häufig auseinander. Aber dieser Gegensatz ist doch kein unbedingter: eine Seele, die überhaupt in bezug auf das Aufmerken gut veranlagt ist, wird diese Fähigkeit auch oft genug sowohl einer etwas geringeren wie einer etwas größeren Zahl von Eindrücken gegenüber erkennen lassen. So findet man denn auch, wenn man die vorhin erwähnten Reaktionsversuche so anstellt, daß nicht nur auf einen einzigen Reiz mit einer bestimmten Bewegung, sondern auf mehrere verschiedene Reize je mit verschiedenen Bewegungen geantwortet werden muß (wobei also eine größere Verteilung der Aufmerksamkeit erzwungen wird), alle möglichen Kombinationen der Resultate. Personen mit verhältnismäßig kurzen Zeiten für einfache Reaktionen liefern zum Teil gleichfalls kurze, zum Teil ziemlich lange Zeiten für Wahlreaktionen, und dasselbe tun Personen mit verhältnismäßig langen einfachen Reaktionszeiten.

Die Frage nun nach dem Umfang der Aufmerksamkeit ist wohl häufiger irrig als richtig beantwortet worden.[1] Einerseits hat man sich von dem Ergebnis von Versuchen der folgenden Art leiten lassen. Man hat Punkte, Linien, Zahlen u. dergl. in verschiedener Anzahl auf ganz kurze Zeit dem Blicke dargeboten und festgestellt, bei wievielen von diesen Dingen noch richtige Angaben über ihre Zahl und Beschaffenheit möglich waren. Die so erhaltenen Werte indes — 4 bis 6 für fehlerfreie Angaben — sind als Umfangsbestimmungen der Aufmerksamkeit zweifellos zu hoch. Man erkennt einen Dominostein 5/6 bei der kürzestmöglichen Expositionszeit, nicht weil man sich seiner einzelnen 11 Augen gleichzeitig bewußt geworden ist, sondern weil man von ihm ein einheitliches und charakteristisches Bild erhält und nun aus früheren Erfahrungen weiß, daß dieses Bild aus 11 Punkten besteht. Ebenso bei beliebigen Gruppierungen einiger Linien oder einfacher Gegenstände oder auch bei mehrstelligen Zahlen, wie z. B. 1850, sinnvollen Worten usw. In allen solchen Fällen kann man das gleichzeitig Aufgefaßte immer nur als einen Eindruck

[1] Wundt, Physiol. Psychologie 5. Aufl. 3 S. 351. Cattell, Über die Trägheit der Netzhaut usw. Philos. Stud. 2 S. 121; 1886. Paulhan, La simultanéité des actes psychiques. Rev. scientif. (III. S.) 13 S. 684; 1887. Binet, La concurrence des états psychologiques. Rev. philos. 29 S. 138; 1890. Angell and Pierce, Experimental Research upon the Phenomena of Attention. Amer. Journ. of Psychol. 4 S. 528; 1892. R. Vogt, Über Ablenkbarkeit und Gewöhnungsfähigkeit. Kraepelins Psychol. Arb. 3 S. 62; 1899. Wirth, Zur Theorie des Bewußtseinsumfanges und seiner Messung. Philos. Stud. 20 S. 635; 1902.

zählen, der allerdings sogleich als ein Ganzes mit mehreren Teilen erkannt wird, von dessen Teilen auch vielleicht noch einige mehr oder minder deutlich unterschieden werden, die aber nicht sämtlich klar gesondert zum Bewußtsein kommen. Ähnlich wird das Resultat neuerer Untersuchungen von Wirth zu beurteilen sein. Dieser zeigte seinen Versuchspersonen je für einen Moment, aber mehrfach hintereinander eine Gruppe symmetrisch angeordneter einfacher Figuren (Dreiecke, Quadrate, Kreise) und stellte fest, bei einer wie großen Anzahl von ihnen eine unvermerkt vorgenommene kleine Änderung einer Figur eben noch sicher erkannt werden konnte. Nach 8—16 maliger Exposition war dies noch bei 13 Figuren möglich; aber natürlich machen sich auch hier diese Figuren nicht getrennt und als selbständige Elemente für das Bewußtsein geltend, sondern sie ergeben ein gewisses Gesamtbild, in dem man plötzlich an einer bestimmten Stelle eine eigentümliche Änderung bemerkt.

Auf der anderen Seite hat man der Auffassungsfähigkeit der Seele vielfach zu enge Grenzen gesteckt, indem man behauptete, sie könne durchaus nur einen Eindruck auf einmal mit Aufmerksamkeit erfassen. Allenfalls könne sie mehrere Eindrücke dadurch gleichzeitig beherrschen, daß sie sie in eine zusammengesetzte Vorstellung vereinige, aber im übrigen bestehe die anscheinende Verteilung der Aufmerksamkeit an mehrere voneinander unabhängige Dinge in einem äußerst raschen Übergange von einem auf das andere. Das tiefere Motiv dieser Behauptung ist vielfach wohl die irrige Besorgnis vor einer Gefährdung der Einheit der Seele durch die Zulassung einer Mehrheit gleichzeitiger Betätigungen. Sie wird indes auch unabhängig davon vertreten und z. B. bisweilen auf die vorhin (S. 614) erwähnten Komplikationsversuche gestützt. Aus den bei diesen zu beobachtenden Zeitverschiebungen könnte in der Tat zu folgen scheinen, daß die Seele zwei ganz disparate Eindrücke nicht in dem Moment ihres Auftretens gleichzeitig aufzufassen vermöge, sondern daß sie sich jedem gesondert zuwenden müsse, und daß sie sie daher, je nachdem ihr die Anpassung an einen jeden gelinge, bald so bald anders zeitlich etwas auseinander ziehe. Indes die Versuche beweisen gerade das Gegenteil. Wenn nämlich auch die einzelnen Schalleindrücke nicht mit den ihnen objektiv gleichzeitigen Zeigerstellungen zusammen aufgefaßt werden, so kommen sie doch jedenfalls als gleichzeitig mit irgendwelchen Zeigerstellungen zum Bewußtsein. Und aus der Fähigkeit der Seele, der in den Komplikationsversuchen an sie gestellten Forderung gerecht zu werden, ergibt sich also, daß sie auf zwei voneinander ganz unabhängige Reihen einfacher Eindrücke längere Zeit hindurch durchaus gleichzeitig aufmerksam bleiben kann, ja daneben

noch imstande ist, wie es bei vielen Beobachtern geschieht, mancherlei Überlegungen zur besseren Lösung der Aufgabe anzustellen.

Mit diesem Ergebnis aber stimmen nun auch andere Beobachtungen vollkommen überein. Man wird nicht zweifeln, daß man bei dem Vortrag eines Liedes die Töne und die ihnen unterliegenden Worte oder auch die Melodie und ihre Begleitung sehr wohl gleichzeitig zu vernehmen vermag und nicht in schneller Folge zwischen ihnen hin und her oszillieren muß, obwohl beide doch nur gewaltsam als eine Einheit bezeichnet werden können. Bei Reaktionsversuchen kann man sich verschieden verhalten, aber man kann doch auch die Aufmerksamkeit zwischen Eindruck und Bewegung, die meist nichts miteinander zu tun haben, leidlich gleichmäßig verteilen. Ähnliches wird man leicht konstatieren, wenn man, wie zuerst Paulhan tat, andere einfache und voneinander unabhängige Tätigkeiten gleichzeitig zu vollziehen sucht, wie Niederschreiben und Hersagen verschiedener Stoffe. Ist die eine Leistung eine sehr einfache und geläufige, besteht sie z. B. in dem Niederschreiben bloßer Buchstaben oder der natürlichen Zahlenreihe, der Wochentage oder eines sehr geläufigen Gedichtes, so vermag man daneben etwas ganz Verschiedenes, wie das Hersagen eines anderen Gedichtes, Rechenaufgaben, einfache Beobachtungen, ohne jede Störung und Verzögerung zu bewältigen. Steigen aber die Anforderungen auf einer oder auf beiden Seiten, so ergeben sich Schwierigkeiten. Man versucht dann, die eine Tätigkeit in Pausen einzuschieben, die in dem Ablauf der anderen entstehen, Glieder der einen Reihe mischen sich unter die der anderen, die beiden Leistungen werden immer langsamer und stockender ausgeführt, schließlich werden sie ganz unmöglich. Binet hat die Resultate solcher Beobachtungen graphisch zu fixieren gesucht. Er ließ Personen in einem bestimmten Rhythmus auf einen Gummischlauch drücken, dessen Höhlung mit einer Registriervorrichtung in Verbindung stand, und daneben allerlei intellektuelle Operationen ausführen, wie Lesen, Hersagen, Kopfrechnen. War der Rhythmus den einzelnen Individuen bequem und die intellektuelle Tätigkeit leicht, so ging beides ungestört nebeneinander her. Erst bei schnelleren oder verwickelteren Rhythmen oder bei größerer Schwierigkeit der geistigen Leistungen traten wechselseitige Störungen ein: die gestellten Aufgaben wurden langsamer und fehlerhafter gelöst, die Bewegungen wurden schwächer, unregelmäßig oder setzten schließlich ganz aus.

Insgesamt ist also die Frage nach dem Umfang der Aufmerksamkeit etwa so zu beantworten. Bei einfachen geistigen Leistungen (wie z. B. bei dem Wahrnehmen einfacher Sinneseindrücke, dem Anstellen einfacher Überlegungen, bei Ausführung einfacher und ge-

läufiger Bewegungen) kann die Aufmerksamkeit ohne Schwierigkeit zwei, äußerstenfalls vielleicht drei, voneinander ganz unabhängigen Dingen zugewandt werden. Je schwieriger, d. h. je mannigfaltiger und gliederreicher eine einzelne Leistung aber wird, desto mehr schwindet die Möglichkeit, gleichzeitig noch einer anderen gerecht zu werden. Dafür aber gelangt jetzt das Einzelne, auf das sich die Aufmerksamkeit einschränkt, nicht mehr als ein Einfaches, sondern als eine reichhaltige und gegliederte Einheit zum Bewußtsein, es wird als ein Ganzes mit Teilen erfaßt, und einzelne Teile selbst oder auch noch ihre Unterteile werden mehr oder weniger deutlich gesondert erkannt. Alles das endlich nicht zu allen Zeiten in gleicher Weise, sondern je nach Umständen verschieden: in Zuständen der Abspannung und Ermüdung in geringerem, in Zuständen der Frische und Angeregtheit in größerem Umfange.

4. Konzentration der Aufmerksamkeit. Die zweite oben aufgeworfene Frage ging auf das Verhalten der Aufmerksamkeit, wenn man sie nicht möglichst zu verteilen, sondern möglichst auf einen einzelnen Gegenstand oder eine einzelne Leistung zu konzentrieren sucht, dabei aber zugleich ablenkenden Eindrücken ausgesetzt ist. Daß dann das energische Hervortreten jenes Einzelinhaltes im Bewußtsein, und im Zusammenhang damit die Deutlichkeit in dem Auseinandertreten seiner Teile oder die Schnelligkeit seines Ablaufs Schaden erleidet, lehrt die alltäglichste Erfahrung. Aber über die Größe dieses Schadens sowie über seine Abhängigkeit von der Art der Störung und der Art der festgehaltenen Hauptleistung hat man erst in den letzten Jahren durch vielfache Versuche experimenteller Behandlung einige nähere Aufschlüsse erhalten.[1]

Sehr einfache und gleichmäßig andauernde Störungen, wie der Ton einer elektrisch getriebenen Stimmgabel, einfache und nicht musikalisch wirkende Tonfolgen, das Schnurren des Wagner'schen Hammers eines Induktionsapparates, ein ruhig brennendes Licht, be-

[1] Die Versuche sind überwiegend in Amerika angestellt und meist in dem Am. Journal of Psychol. veröffentlicht worden. Hier sind zu nennen: Jastrow, The Interference of Mental Processes 4 S. 219. Swift, Disturbance of the Attention during Simple Mental Processes 6 S. 1. Drew, Attention: Experimental and Critical 7 S. 533. Alice Hamlin, Attention and Distraction 8 S. 3. Ferner drei unter Titcheners Leitung entstandene Arbeiten von Moyer, 8 S. 405; Birch, 9 S. 45; Darlington and Talbot, 9 S. 322. — Außerdem kommen in Betracht: Bliss, Investigations in Reaction-Time and Attention. Studies from the Yale Psychol. Labor. 1 S. 1; besonders die S. 618 Anm. erwähnte Arbeit von R. Vogt, und endlich Heymans, Über psychische Hemmung. Zeitschr. für Psychol. usw. 26 S. 305; 1901.

wirken überhaupt keine Verschlechterung der Resultate, welcher Art die neben ihnen aufmerksam betriebene Arbeit auch sein möge. Ja, zur großen Verwunderung der Experimentatoren, ergaben sich vielfach geradezu Verbesserungen der Leistung, die also als Steigerungen der Konzentration gedeutet werden müssen. Die Versuchsperson, die sich vorher vielleicht etwas gehen ließ, nimmt sich unter dem Druck der erhöhten Anforderung mehr zusammen und überwindet nun nicht nur den schädigenden Einfluß der Störung, sondern leistet sogar noch mehr als ohne sie. Sie ist sich der größeren Anstrengung oft vollkommen bewußt und fühlt sich hinterher durch sie stärker abgespannt; aber an der Tatsache, daß die Energie ihres Aufmerkens durch die beabsichtigte Störung gesteigert wurde, wird dadurch doch nichts geändert; auch fehlt die Möglichkeit, dieser später kommenden Ermüdung entsprechend Rechnung zu tragen. Der Mensch wächst gleichsam schon hier im kleinen mit seinen höheren Zwecken. Ähnlich wie, um an anderes zu erinnern, die Arbeitsleistung eines Muskels bis zu einer gewissen Grenze steigt, wenn man ihn ein größeres Gewicht heben läßt, d. h. also, wenn man mehr von ihm verlangt.[1]

Eine tatsächliche Ablenkung ist mit intermittierenden Eindrücken zu erzielen, wie mit dem Ticken eines Metronoms, dem Hin- und Herschwingen eines Lichtes, wechselnden Gesichtsbildern, oder auch dadurch, daß man einfache Forderungen an die Versuchsperson stellt, deren Erfüllung ohne eine gewisse Beteiligung ihrer Aufmerksamkeit gar nicht möglich ist, indem man sie z. B. einfache Bewegungen ausführen oder kopfrechnen, buchstabieren u. dergl. läßt. Aber zum Teil wirken solche Störungen nur vorübergehend: es tritt ziemlich rasch Gewöhnung an sie ein, und sie sind dann wieder unbrauchbar.

[1] Im Gegensatz zu diesen negativen Ergebnissen steht eine von Heymans gefundene und oben (S. 544) bei anderer Gelegenheit schon erwähnte einfache Gesetzmäßigkeit der Einwirkung ablenkender Eindrücke. Heymans bestimmte u. a. ebenmerkliche Druckempfindungen und Lichtempfindungen, indem er gleichzeitig in einer gewissen Entfernung von dem Schwellenreiz ein erheblich stärkeres Gewicht oder erheblich helleres Licht einwirken ließ. Dabei ergab sich, daß mit der Steigerung der störenden Reize auch die von ihnen gehemmten schwachen Reize verstärkt werden mußten, um eben noch eine Empfindung auszulösen, und zwar waren diese Erhöhungen der Schwellenwerte stets proportional den Verstärkungen der hemmenden Reize. Indes auf optischem Gebiet wenigstens sind diese Versuche sehr starken Bedenken ausgesetzt. Das als Störung einwirkende hellere Licht verursacht erstens eine diffuse Zerstreuung von Licht in den Augenmedien und verändert zweitens den Adaptationszustand des Auges, und diese beiden Umstände beeinflussen an sich schon, ganz abgesehen von jeder psychischen Wirkung jenes Lichtes, die Schwellenempfindlichkeit. Dadurch aber wird die ganze Gesetzmäßigkeit in dem von Heymans ihr gegebenen Sinne zweifelhaft und bedarf jedenfalls erneuter Prüfung.

Zum anderen Teil sucht die Versuchsperson jetzt, wenn ihre Hauptleistung es zuläßt (also z. B. bei Reaktionsversuchen, bei dem Erkennen kleiner Unterschiede sinnlicher Eindrücke), die Erledigung der einen Leistung in die Pausen der anderen einzupassen; und hierin erlangt sie oft eine solche Gewandtheit, daß eine Beeinträchtigung der Resultate wieder nicht erkennbar wird.

Am wirksamsten haben sich zwei Arten von Störungen erwiesen. Einmal solche, die auf das Gefühl der Versuchsperson wirken, die ihr Interesse in Anspruch nehmen, wie z. B. das Vorlesen von sensationellen Schilderungen, das Vorspielen von Melodien, besonders auch die Einwirkung von Gerüchen, deren Benennung nicht gleich gefunden werden kann und die daher zum Nachdenken reizen. Sodann solche Störungen, die keine Pausen oder Perioden sehr geringer Schwierigkeiten enthalten, dabei aber doch nicht völlig gleichförmig, sondern mit steten Abwechslungen verlaufen, wie ununterbrochenes Hersagen eines Gedichtes, Ausführung komplizierterer Bewegungen. Ist dabei auch noch die Hauptleistung eine solche, die die Aufmerksamkeit ununterbrochen in Anspruch nimmt, besteht sie z. B. im Auswendiglernen oder in fortlaufendem Addieren längerer Zifferreihen, so bewirkt die Störung leicht ein Heruntergehen des Ergebnisses der Leistung bis auf die Hälfte und weniger dessen, was ohne Ablenkung erzielt wurde. Die stärksten Störungen endlich entstehen, wenn Hauptarbeit und Nebenarbeit gleichzeitig demselben Gebiet seelischer Betätigung angehören, wenn z. B. fortlaufendes Addieren neben dem Hersagen eines Gedichtes verlangt wird. Gelingt es dann nicht, die eine Leistung durch Heranziehung anderer Hilfsmittel auszuführen, also hier z. B. die gewonnenen Summenzahlen durch optische statt durch kinästhetisch-akustische Vorstellungen festzuhalten, so wird die Fortführung der beiden Arbeiten nebeneinander unmöglich. Natürlich aber kann bei der Bewältigung aller solcher starkwirkenden Störungen überhaupt kaum noch von einer Ablenkung der auf eine andere Arbeit konzentriert gehaltenen Aufmerksamkeit gesprochen werden. Die bei ihnen zu erledigende Aufgabe nähert sich sehr stark der vorhin besprochenen: zwei voneinander unabhängige Leistungen mit annähernd gleichmäßiger Verteilung der Aufmerksamkeit auszuführen.

Ein wünschenswertes Ziel für das Studium der Ablenkungserscheinungen wäre die Gewinnung genauerer und einigermaßen allgemeingültiger Zahlen. Es müßten also geeignete Hauptleistungen und geeignete Störungen ausfindig gemacht werden, die beide, unter möglichstem Ausschluß der Verschiedenheiten des individuellen Interesses und des individuellen Verhaltens ihnen gegenüber, eine sichere quantitative Veränderung zuließen, und bei deren Zusammenbringen

man dann angeben könnte, daß eine Leistung von der und der Größe durch bestimmte Störungsstufen um den oder jenen Prozentsatz ihrer Güte vermindert wird. Dadurch würde auch die verschiedene Veranlagung der Menschen in bezug auf das Aufmerken und die verschiedene Äußerung dieser Fähigkeit unter verschiedenen Umständen, in verschiedenen Lebensaltern, bei geistiger Erkrankung usw. genauerer Bestimmung zugänglich. Aber daß zur Erreichung jenes Zieles bei der beschriebenen Verwicklung der Dinge nicht allzuviel Aussicht vorhanden ist, leuchtet ein. Es bestehen sogar noch weitere Schwierigkeiten. So z. B. wirken bei rascherer Abwechslung gestörter und nicht gestörter Arbeiten die Störungen nicht nur, wenn sie gerade objektiv vorhanden sind, sondern bisweilen auch schon vorher, durch das Bewußtsein, daß sie jetzt bald eintreten werden, oder hinterher, durch die Freude, die gesteigerte Unbequemlichkeit glücklich los zu sein, ohne daß sich doch diese Einflüsse irgendwie in Rechnung stellen lassen.

5. Schwankungen der Aufmerksamkeit. Einem interessanten Roman folgt man mit stundenlanger Anspannung der Aufmerksamkeit. Aber es ist doch nicht der Roman als Ganzes, auf den sie so lange gerichtet bleibt. Sein allgemeiner Zusammenhang oder sein Grundgedanke tritt nur dann und wann einmal deutlicher im Bewußtsein hervor; was die Spannung aufrecht erhält, ist vielmehr ein fortwährender Wechsel der Vorstellungen und ihrer Kombinationen, oder vielmehr eine so geschickte Verwebung der aufeinander folgenden Vorstellungsreihen, daß allemal, wenn das Interesse an den bis dahin geweckten Kombinationen erschöpft ist, schon andere vorbereitet sind, die es weiter fesseln. Dauernde Aufmerksamkeit gibt es nur bei einem steten Wechsel der Inhalte, in deren Hervortreten das Aufmerksamsein besteht. Ein bestimmter einzelner Bewußtseinsinhalt dagegen, der durch die Gunst der früher erwähnten Umstände zu lebhaftem Hervortreten in der Seele gebracht wird, vermag sich an seiner ersten Stelle nicht lange zu behaupten: die Aufmerksamkeit wendet sich alsbald wieder von ihm ab. Bestehen die ihm zugrunde liegenden Ursachen und die ihre Wirkung begünstigenden Momente fort, so vermag er wohl unmittelbar nachher aufs neue wieder hervorzutreten, wird dann bald abermals zurückgedrängt usf. Sein Dasein besteht also in einem periodischen Schwanken zwischen größerer und geringerer Bewußtseinsenergie oder auch zwischen Auftreten und gänzlichem Verschwinden. Angenscheinlich hat die Natur damit eine Art Ausgleich geschaffen für die mit der Enge des Bewußtseins neben allem Nutzen doch auch verbundene Gefahr allzugroßer Einseitigkeit

und Beschränktheit der seelischen Betätigungen. In jedem bestimmten Moment vermag nicht allzu vieles nebeneinander die Seele zu erfüllen; bei einiger Reichhaltigkeit der Gliederung im wesentlichen nur ein einheitliches Gebilde. Aber dafür vermag dieses Einzelne sich nun nicht allzu lange zu behaupten; es muß anderem Platz machen, so daß doch eine große Beweglichkeit und Vielseitigkeit des geistigen Lebens ermöglicht wird.

In Zusammenhang mit diesen Aufmerksamkeitsschwankungen bringt man in der Regel die seit einiger Zeit bekannte und neuerdings überaus häufig untersuchte Erscheinung, daß schwache Sinnesempfindungen oder geringradige Empfindungsverschiedenheiten bei gleichbleibender Intensität ihrer objektiven Reize für den aufmerksamen Beobachter fortwährend ihre Stärke ändern.[1] Wenn man angespannt auf ein schwaches Geräusch lauscht, ebenso wenn man die Aufmerksamkeit auf schwache Gesichts- oder Hautreize oder deren Verschiedenheiten gerichtet hält, so werden die entsprechenden Eindrücke abwechselnd stärker und schwächer, fallen auch zeitweise ganz aus. Die Schwankungsperioden, d. h. die Zeiten von einem Verschwinden der Empfindung zu einem anderen, sind dabei je nach Umständen von verschiedener Größe; von wenigen Sekunden variieren sie bis zu größeren Bruchteilen einer Minute. Von Bedeutung hierfür sind namentlich die Intensitätsdifferenzen der objektiven Reize. Mit zunehmender Größe des Unterschiedes der Reize kann es natürlich schließlich zu einem völligen Unmerkbarwerden ihrer Verschiedenheit nicht mehr kommen, und mit allmählicher Annäherung an diese Grenze erfolgen die Schwankungen immer langsamer. Daß man ihr Auftreten mit Schwankungen des Aufmerkens, d. h. also mit zentralen Vorgängen, in Verbindung gebracht hat, liegt daran, daß mannigfache Versuche ihrer Erklärung aus peripheren Ursachen fehlschlugen. Akkommodation und Trommelfellspannung z.B., die man für die Schwankungen auf optischem

[1] Die ersten Mitteilungen darüber von Urbantschitsch, Über eine Eigentümlichkeit der Schallempfindungen geringster Intensität. Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1875 S. 625. Über subjektive Schwankungen der Intensität akustischer Empfindungen. Pflügers Arch. 27 S. 446; 1882. Weiteres dann u. a. bei N. Lange, Philos. Stud. 4 S. 390; Eckener, Pace, Marbe ebda. 8 S. 343, 388, 615. Aus neuerer Zeit bemerkenswert: Heinrich, Bullet. de l'acad. des sc. de Cracovie 1900 S. 37. Titchener, Am. Journ. of Psychol. 12 S. 595; 1901. Pace, Philos. Stud. 20 S. 232; 1902. Hammer, Zeitschr. f. Psychol. 37 S. 363; 1905. — Über sonstige Schwankungen: Hylan, The Fluctuation of Attention. Psychol. Rev. Monogr. Suppl. 2, 2. 1898. v. Voß, Über die Schwankungen der geistigen Arbeitsleistung. Kraepelins Psychol. Arb. 2 S. 399. 1899. — Über die Bedeutung der Erscheinung: Müller und Pilzecker, Experim. Beiträge zur Lehre vom Gedächtnis. Zeitschr. f. Psychol. Ergänz. Bd. 1 S. 91 Anm. 1901.

und akustischem Gebiet verantwortlich machte, haben mit ihnen nichts zu tun. Denn auch bei fehlendem Trommelfell oder bei Unterbrechungen in der Kette der Gehörknöchelchen, ebenso bei Aufhebung der Akkommodation durch Atropinisierung des Auges werden die Schwankungen beobachtet. Aber neuerdings ist man auf andere Momente aufmerksam geworden. Das vorübergehende Unsichtbarwerden schwacher optischer Verschiedenheiten kann auf Lokaladaptation infolge anhaltender Fixation (S. 251) und ihr Wiederhervortreten auf kleinen Blickschwankungen beruhen (Hammer). Auf akustischem Gebiet aber hat sich herausgestellt, daß viele der gebräuchlichen Schallquellen keine völlig konstante, sondern eine wechselnde Intensität besitzen; und wo es nun gelungen ist, diese Ungleichförmigkeiten zu vermeiden, sind die Schwankungen ausgeblieben (Heinrich und Titchener). Damit ist ihre zentrale Natur und ihre Beziehung zur Aufmerksamkeit auch auf anderen Empfindungsgebieten fraglich geworden. Natürlich soll nicht bestritten werden, daß die in jedes gespannte Aufmerken sich fortwährend einschleichenden Momente vorübergehender Unaufmerksamkeit auch ein Unmerkbarwerden vorher wahrgenommener schwacher Eindrücke mit sich führen, aber dies ist etwas völlig anderes als jene mit ziemlicher Regelmäßigkeit wiederkehrenden und auch in den Zeiten einer, soviel man sich bewußt ist, anhaltenden Konzentration sich aufdrängenden Empfindungsschwankungen.

Unbestreitbare Aufmerksamkeitsschwankungen sind aus zahlreichen Fällen des täglichen Lebens bekannt. Wie schwer ist es, ein und denselben Gedanken längere Zeit festzuhalten! Man will sich ganz in ihn versenken, nichts anderes neben ihm aufkommen lassen. Aber nicht allzu lange später, während die äußeren Anzeichen energischer Konzentration, eine bestimmte Kopf- und Augenhaltung, zusammengekniffene Lippen usw. ruhig fortbestehen, ertappt man sich plötzlich darüber, daß man an etwas ganz anderes denkt, und wird sich deutlich bewußt, daß der festzuhaltende Gedanke, statt inzwischen zu beharren, soeben gerade aufs neue auftaucht. Jede unter Anspannung der Aufmerksamkeit längere Zeit fortgesetzte gleichartige Tätigkeit, z. B. fortlaufendes Addieren, Auswendiglernen von Vokabeln, vollzieht sich in kleineren und größeren Oszillationen. Einer Periode besonders starker Konzentration, die die Arbeit beträchtlich fördert, folgt plötzlich ein Abirren der Gedanken und eine Verlangsamung des Fortschritts, dann erneute Sammlung und rasches Vordringen, und alsbald abermalige Erschlaffung und Stockung. Auch das gehört hierher, daß Signale, die einer aufgetragenen Leistung zu ihrer Erleichterung vorausgeschickt werden, ihr am günstigsten in einem bestimmten Intervall, von ein bis einigen Sekunden Länge, vorangehen.

Die durch das Signal geweckten vorbereitenden Vorstellungen bleiben nicht lange in der anfänglichen Energie bestehen; macht man das Intervall also zu groß, so sind sie vielleicht dem Bewußtsein schon wieder halb entschwunden, wenn die Leistung erfolgen soll, und ihre Wirksamkeit ist geringer.

Besonders auffallend und charakteristisch zeigt sich das rasche Erlahmen der Aufmerksamkeit im kindlichen Lebensalter. Der Erwachsene hat einen umfassenden und reich verzweigten Vorstellungsbesitz. Wenn nun irgend ein Gebilde sein Bewußtsein lebhaft erfüllt, so ruft es assoziativ eine Fülle von Vorstellungen hervor, die ihrerseits wieder fördernd auf das Bewußtwerden anderer Teile oder anderer Seiten jenes Gebildes zurückwirken. Der oszillatorische Charakter des Aufmerkens wird sich bei ihm also vielfach nur darin verraten, daß ein bestimmter Bewußtseinsinhalt nicht anhaltend in dem anfänglichen Zustand verharrt, sondern in stetem Wechsel immer wieder gleichsam in einem neuen Lichte erscheint. Im ganzen aber kann er so doch geraume Zeit hindurch gegenwärtig bleiben, und zugleich wird naturgemäß ab und zu auch seine anfängliche Auffassung einmal wiederkehren. Bei dem Kinde fehlt ein solcher Reichtum des Vorstellungslebens; er wird erst allmählich erworben. Hat mithin eine bestimmte Ursache eine Weile ihren Bewußtseinserfolg gehabt, so ist ihre Wirkung erschöpft. Aus dem Eigenleben der in Anspruch genommenen Seele wird sie nicht weiter gehalten; also macht sie anderen Ursachen Platz. Daher die fortwährende intensive Inanspruchnahme der Kinder durch die Eindrücke des Augenblicks und die erstaunliche Schnelligkeit, mit der die Kraft dieser Eindrücke sozusagen verpufft. Jedes Geräusch, jedes vorüberfliegende Insekt, ein Tintenklex auf des Nachbars Heft, eine neue Spielsache, die Aufforderung, ruhig zu sitzen und die Hände zu falten, nimmt sie sofort ganz und gar gefangen, aber alles nur auf kürzeste Zeit. Unmittelbar nachher ist der eben noch so lebhafte Eindruck durch einen anderen wie hinweggewischt.

In einen ähnlichen Zustand hochgradiger Ablenkbarkeit wird übrigens auch der Erwachsene unter Umständen versetzt, wenn nämlich ein in seiner Seele hervorgerufenes Gebilde von seiten seines Vorstellens keine genügende Förderung erhält. So geschieht es, abgesehen von geistiger Krankheit, z. B. bei der Beschäftigung mit unangenehmen und widerwärtigen Obliegenheiten. Die Gedanken nehmen nicht leicht, wie wir später sehen werden, die Richtung auf das Unlustvolle. Wird nun durch die jeweiligen Umstände das Bewußtsein einer unangenehmen Pflicht wachgerufen, so vermag sich dieses doch zunächst nicht zu verzweigen. Die Vorstellungen der Einzelheiten. in denen sie besteht, der konkreten Mittel zu ihrer Ver-

wirklichung werden nicht lebendig, oder doch nicht mit der nötigen Stärke. Die allgemeine Vorstellung der obliegenden Pflicht aber kann sich nicht lange halten, und die Seele wird also die Beute irgend eines anderen Eindrucks. Indes auch dieser wird rasch wieder verdrängt. Denn da die Umstände, die das Unangenehme notwendig machen, doch bestehen bleiben, so rufen sie das Bewußtsein des Gesollten bald aufs neue hervor, und eine gesammelte Beschäftigung mit anderen Dingen wird dadurch unmöglich, daß dieser drückende Gedanke wieder in den Vordergrund tritt usf. „Ich kenne eine Person", erzählt James, „die im Feuer herumstochert, die Stühle zurechtrückt, Staubflocken vom Fußboden aufnimmt, ihren Schreibtisch in Ordnung bringt, nach der Zeitung greift, irgend ein Buch vom Bücherbrett herunterlangt, sich die Nägel säubert, kurz den Morgen mit allem Möglichen planlos verzettelt, — einfach, weil der einzige Gegenstand, mit dem sie sich beschäftigen sollte, die Vorbereitung zu einer Nachmittagsvorlesung über formale Logik ist, die sie verabscheut." Ich zweifle nicht, daß noch mancher meiner Leser eine solche Person kennt.

§ 59. Theoretisches über die Aufmerksamkeit.[1]

Die eigentümlichen Erscheinungen der Enge des Bewußtseins und der Aufmerksamkeit haben zweifellos in ganz entsprechenden Eigentümlichkeiten der Funktionsweise der nervösen Zentralorgane ihre materielle Grundlage. Es fragt sich, ob hierüber, trotz aller Unvollkommenheit unserer Kenntnisse, vielleicht bereits eine Vermutung möglich ist, ob wir es aus den sonst bekannten Eigenschaften dieser Organe irgendwie begreiflich machen können, daß gerade hier und sonst anscheinend nirgendwo in der Welt eine so eigenartige Gesetzmäßigkeit der Rückwirkung auf jeweilig einwirkende Ursachen obwaltet.

In einer Hinsicht ist eine solche Verbindung der Dinge bereits hergestellt. Zu den charakteristischen Zügen des Aufmerkens gehören u. a. diese beiden. Wirken mehrere voneinander unabhängige Empfindungs- und Vorstellungsursachen gleichzeitig oder fast gleichzeitig auf die Seele, so stören sie sich wechselseitig: das, was sie zusammen für das Bewußtsein hervorbringen, ist nicht etwa gleich der Summe dessen, was sie isoliert und nacheinander auftretend leisten würden, sondern etwas wesentlich anderes: einige wenige Wirkungen setzen

[1] Außer der S. 601 Anm. genannten Arbeit von G. E. Müller ist von Bedeutung G. Th. Fechner, Elemente der Psychophysik 2 Kap. 42 und S. Exner, Physiologische Erklärung der psychischen Erscheinungen 1 S. 163. Dazu Mc Dougall, The Physiological Factors of the Attention-Process. Mind. N. S. 11 S. 316, 12 S. 289 und 473; 1902 und 1903.

sich durch auf Kosten zahlreicher anderer, die zurückgedrängt werden. Und zweitens: sind bei der Einwirkung verschiedener Ursachen gerade Vorstellungen in der Seele lebendig, die die mögliche Wirkung einer jener Ursachen vorwegnehmen oder dazu in assoziativen Beziehungen stehen, durch sie vervollständigt werden u. dergl., so wird dadurch das Hervortreten eben dieser Wirkung im Bewußtsein außerordentlich begünstigt. Diese beiden Züge haben nun, wie bereits von einzelnen Forschern (namentlich von G. E. Müller und S. Exner) richtig erkannt worden ist, eine unverkennbare Ähnlichkeit mit zwei Vorgängen auf niederen Stufen des nervösen Geschehens, die nicht bloß erschlossen, sondern in direkter sinnlicher Wahrnehmung zu beobachten sind, nämlich mit der Hemmung und Bahnung von Reflexen (S. 141 f). Wirken mehrere Reize gleichzeitig auf die subkortikalen Zentren, so rufen auch sie nicht einfach die Summe der Reflexe hervor, die jeder für sich auslösen würde, sondern entweder weniger oder mehr, je nach Umständen. Entweder die beiden Reize stören einander und heben ihre Wirkung wechselseitig auf; während der eine für sich z. B. ein Quaken hervorbringen würde und der andere eine Beinbewegung, geschieht auf beide zusammen gar nichts. Oder sie unterstützen und fördern einander; jeder für sich bleibt z. B. wegen zu geringer Intensität wirkungslos, aber beide zusammen bewirken eine Muskelkontraktion. Es liegt auf der Hand, daß, wenn es in der Natur der nervösen Elemente liegt, durch ihren Aufbau zu den subkortikalen Zentren Bahnungs- und Hemmungsprozesse hervorzubringen, sie ähnliche Erscheinungen auch bewirken müssen, wo sie zu der Großhirnrinde zusammengeordnet sind. Und wenn wir nun in unseren bewußten Erlebnissen unzweifelhafte Analogien zu solchen Vorgängen feststellen können, werden wir zu der Annahme gedrängt, daß sich uns in ihnen eben die geistigen Korrelate jener nur vermuteten kortikalen Bahnungen und Hemmungen kundgeben. Wir werden also sagen: mehrere der Seele gleichzeitig dargebotene Eindrücke gelangen deshalb nicht alle für sie zur Beachtung und weiteren Verwertung, weil verschiedenartige, der Großhirnrinde gleichzeitig zugeführte Erregungen sich in ihrer Wirkung auf die Rinde wechselseitig beeinträchtigen. Und weiter: das Auftreten eines bestimmten Inhalts vor anderen objektiv gleichstark verursachten wird durch vorwegnehmende oder zu ihm in Beziehung stehende Vorstellungen deshalb begünstigt, weil die Einwirkung einer bestimmten Erregung auf die Hirnrinde durch das vorherige Bestehen einer gleichartigen oder sonst verwandten Erregung in ihr eine Erleichterung und Verstärkung erfährt. Beides ganz in Übereinstimmung mit dem, was bei den subkortikalen Zentren direkt beobachtet werden kann.

Indes diese Zurechtlegung der Vorgänge leidet doch noch an einem Mangel. Die Stärke der Einwirkung eines Reizes auf die Hirnrinde hängt zweifellos auch von seiner eigenen Intensität ab; der intensivere Reiz wird sich leichter für sie zur Geltung bringen als der minder intensive. Bestünde nun die Bedeutung der kortikalen Bahnungen und Hemmungen bloß in Erleichterungen und Erschwerungen der Fortleitung von Reizen zur Rinde oder ihrer weiteren Wirkung in ihr, so müßte dasselbe Resultat, wie z. B. durch die Bahnung vorwegnehmender Vorstellungen, sich für die Seele auch durch Verstärkung der objektiven Reizintensität erzielen lassen. Daß hier ein gewisser Zusammenhang wahrscheinlich ist, daß also das aufmerksam Wahrgenommene zugleich auch ein quantitativ Stärkeres wird, sahen wir oben (S. 613). Aber viel auffälliger als der geringgradige Zusammenhang dieser Dinge ist doch ihre Unabhängigkeit voneinander: ein mit höchster Aufmerksamkeit erlauschtes pianissimo hört sich ganz anders an, als ein in der Zerstreutheit eben noch bemerktes forte. Worauf beruht dieser Unterschied? Welche besonderen Wirkungen können die kortikalen Bahnungen und Hemmungen wohl haben im Vergleich mit Verstärkungen oder Verminderungen der Reizintensität, um ihn verständlich zu machen? Die Aufklärungen, die man hierüber findet, scheinen mir wenig befriedigend; ich glaube eine zutreffendere Vermutung wagen zu können.

Das Nervensystem besteht in der Hauptsache aus mehreren übereinander aufgebauten Schichten nervöser Elemente, anfangend mit den der Außenwelt zunächstliegenden Ganglienzellen der Sinnesorgane, Spinalganglien usw., und endigend mit den Zellenmassen der Großhirnrinde. Aber die Elemente dieses Baues sind nicht bloß hintereinander geschaltet, sodaß also die von einer vorangehenden Zelle zugeführte Erregung nur von einer nachfolgenden aufgenommen und weitergeleitet würde. Sondern sie sind zugleich auch in der mannigfachsten und ausgiebigsten Weise durch Querverbindungen zu einem Ganzen zusammengeschlossen. Eine vorangehende Zelle sendet durch Kollateralen ihre Erregungen gleichzeitig mehreren nachfolgenden Zellen zu, die bisweilen räumlich weit voneinander getrennt sind; eine nachfolgende nimmt durch ihre dendritischen Verästelungen gleichzeitig die Erregungen mehrerer vorangehender Zellen in sich auf; außerdem finden sich Schaltzellen, Kommissurenzellen, Horizontalzellen, die alle, wie früher erwähnt, das gleiche Resultat vielseitigster Transversalverknüpfung der Elemente zustande bringen (s. S. 123, 192, 411).

Bei diesen in jeder Schicht wiederkehrenden Verschränkungen und Verwicklungen der Erregungsübertragung ist es offenbar ursprünglich ganz unmöglich, daß eine an der Peripherie gesetzte Erregung

von bestimmter Form (beispielsweise eine ringförmige Reizung der Netzhaut oder der Fingerspitze) als eine Erregungsgruppierung von gleicher oder auch nur ähnlicher Form in der Rinde anlange. Sie muß sich vielmehr von Schicht zu Schicht einerseits immer weiter verzweigen und verteilen und andererseits durch immer andere Summierung ihrer Teilerregungen umgestalten, und wird schließlich die Rinde als eine diffus ausgebreitete und in ihrer Intensität abgeflachte Erregungsmasse erreichen, ohne scharfe Abgrenzung gegen die nicht erregte Umgebung und also auch ohne bestimmte Gestalt und Gliederung. Erst allmählich wird hierin eine Änderung eintreten, falls nämlich eine gleiche oder ähnliche Erregungsgruppierung häufiger wiederkehrt. Gewisse Bahnen werden durch sie doch vorwiegend in Anspruch genommen, weil sie geringere Widerstände bieten, oder weil in ihnen stärkere Erregungssummierungen stattfinden. Eben dadurch werden sie nun stärker ausgebildet und für diese bestimmte Erregungsgruppierung immer leichter ansprechen. Die jeweilig zu leitende Erregungsgröße wird daher vorwiegend durch sie ihren Weg nehmen, und für die anatomisch sonst noch möglichen Bahnen bleibt verhältnismäßig wenig zu leiten übrig. Kurz, es werden sich allmählich Haupt- und Nebenbahnen ausbilden, wie man sie nennen kann; nicht im allgemeinen, sondern in bestimmter Zuordnung an bestimmte periphere Reizkombinationen, auch nicht in scharfem Gegensatz zueinander, sondern mit mannigfachen Zwischenstufen. Infolge davon wird dann eine bestimmt geformte periphere Reizung auch auf der Rinde nicht mehr eine diffus ausgebreitete, sondern eine vielleicht weit verzweigte, aber dabei gut von der Umgebung unterschiedene, überall nur an bestimmte Zellengruppen gebundene, also netzförmig gestaltete, und für diesen Reiz charakteristische Erregung hervorrufen.

Diese Verhältnisse werden nun nicht ein für allemal feste und unveränderliche sein, sondern verschiedene, je nachdem durch besondere Umstände das Ansprechen der Hauptbahnen oder der Nebenbahnen stärker begünstigt wird. In jenem ersten Fall bewirkt der objektive Eindruck auf der Hirnrinde eine besonders gut hervortretende und darum auch in bestimmter Weise assoziativ weiter wirkende Erregung, die zugleich in sich bestimmte Gestalt und Gliederung hat. Der Eindruck tritt dann auch für die Seele besonders hervor, er wird unterschieden und analysiert, der weitere Verlauf der Gedanken wird durch ihn mitbestimmt; wir nennen das: die Aufmerksamkeit ist ihm zugewandt. In dem zweiten Fall ist die Erregung diffus ausgebreitet und verflacht, ohne bestimmte Differenzierung und daher auch unfähig zu bestimmt gearteten weiteren Wirkungen. Der Eindruck „verschmilzt“ dann mit anderen, wie man sagt; er wird nicht von ihnen

unterschieden, ohne doch deshalb schlechthin nichts zu sein; auch Teile kommen in ihm nicht zum Bewußtsein, noch knüpfen sich Gedanken an ihn an; wir sind unaufmerksam in bezug auf ihn.

Über jene besonderen Umstände, die solche Verschiedenheiten herbeiführen, mache ich nun folgende Annahme. Werden mehrere voneinander unabhängige Erregungskomplexe von annähernd gleichen Intensitätsverhältnissen den Zentralorganen gleichzeitig zugeführt, so wird dadurch die Diffusion der Einzelerregungen auf dem Wege zur Hirnrinde, ihre Ausbreitung auf Nebenbahnen wesentlich gefördert. Bestehen dagegen bereits Erregungsgruppierungen in der Rinde, die einer im Anzuge befindlichen Erregung ähnlich sind oder zu ihr assoziative Beziehungen haben, so wird dadurch das Diffundieren dieser Erregung besonders wirksam verhindert. Als die eigentümliche Wirkung der kortikalen Hemmungen und Bahnungen betrachte ich also nicht sowohl Abschwächungen und Verstärkungen der der Rinde zustrebenden Erregungen (dies nur als untergeordneten Nebeneffekt), sondern vielmehr die Herbeiführung diffuser und sich verlaufender Erregungen einerseits, konzentrierter und differenzierter Erregungen andererseits. Den zweiten Teil dieser Annahme, besondere Begünstigung der einer Erregung zugehörigen Hauptbahnen durch das Vorhandensein einer wohl differenzierten verwandten Erregung, wird man vielleicht ohne weiteres plausibel oder doch zulässig finden. Aber auch der erste Teil, die dem Nebeneinanderbestehen von Erregungen zugeschriebene verteilende Kraft, erscheint mir nicht unwahrscheinlich. Man denke nochmal an die Hemmung eines Quakreflexes durch gleichzeitiges Kneifen des Beines, was kann verständlicherweise geschehen in einem solchen Falle? Die beiden den subkortikalen Zentren von verschiedenen Seiten zugeführten Energiemengen können sich doch nicht einfach vernichten; sie haben gar nichts an sich, was man als direkt gegensätzlich auffassen könnte. Aber daß sie wechselseitig ihre Weiterleitung in einer bestimmten Richtung vereiteln und somit, ohne eine nach außen tretende zweckvolle Bewegung auszulösen, innerhalb des Zentralorgans diffus verlaufen und sich in allerlei Nebenwirkungen erschöpfen, erscheint wohl begreiflich. Die sich verzweigenden Erregungen geraten teilweise durcheinander und verbreiten sich auf denselben Bahnen, und die dadurch besser leitend gemachten Nebenbahnen absorbieren nun sogleich größere Beträge der vorhandenen Erregungsintensitäten, ohne sie bestimmten und einheitlich funktionierenden Zellengruppen zuzuführen. Ähnlich wird die Sache bei der gleichzeitigen Zuführung verschiedener Erregungen zur Großhirnrinde sich verhalten müssen. Auch die Abhängigkeit der Aufmerksamkeit von der Stärke der Eindrücke wird so verständlich. Denn daß ein

Reiz, der sich durch besondere Intensität vor den übrigen auszeichnet, deren verteilende Einwirkungen überwinden und trotz ihrer noch eine genügend differenzierte Rindenerregung hervorbringen wird, leuchtet ein. Auf die verwickeltere Abhängigkeit von der häufigen Wiederholung von Eindrücken komme ich später zurück (S. 716).

Die Aufmerksamkeit ist also, wie ich annehme, eine Erscheinung, die bedingt wird von der durch äußere oder innere Reize hervorgebrachten Erregungsverteilung auf der Großhirnrinde, und diese Verteilung hängt wieder gesetzmäßig ab von den wechselseitigen Bahnungen und Hemmungen der in einem bestimmten Moment vorhandenen Erregungsgruppen.

Zweites Kapitel.

Die Aufeinanderfolge der seelischen Gebilde.

§ 60. Allgemeines über das Gedächtnis.[1]

1. Das allgemeine Assoziationsgesetz. In der Erscheinung der Aufmerksamkeit geht das seelische Geschehen gewissermaßen ins Enge. Einer bunten Mannigfaltigkeit gleichzeitiger Ansprüche entzieht sich die Seele. Sie beschränkt sich im wesentlichen auf das im Guten wie im Schlimmen für sie hervorragend Bedeutungsvolle und beantwortet es mit einer möglichst einheitlichen Gegenwirkung. Aber diese Gesetzmäßigkeit findet ihre glückliche Ergänzung in einer anderen. Das seelische Geschehen geht zugleich auch ins Weite; die Seele leistet in anderer Hinsicht wieder mehr, als von ihr jeweilig verlangt wird. Und auf die wunderbare Zweckmäßigkeit der sie beherrschenden Gesetze fällt erst das rechte Licht, wenn man einsieht, wie sie gerade durch jene Einengung ihrer Tätigkeit die volle Kraft gewinnt zu dieser höchst wichtigen Erweiterung.

Man beginnt herzusagen in Gegenwart eines Anderen: „Wer reitet so spät?“ und er fährt fort: „durch Nacht und Wind“; man fragt ihn: „7 × 9?“ und er antwortet sogleich, ohne nachzurechnen oder nachzudenken: „63“; man fragt: „le pain?“ und er antwortet: „das Brot“. Man erblickt eine Person und denkt an ihren Namen, obwohl ihn niemand ausspricht; oder man sieht eine Frucht und denkt an ihren Geschmack, obwohl man sie noch nicht einmal berührt. Teergeruch

[1] Claparède, L'association des idées. 1903.

erweckt Vorstellungen von Schiffen und Wasserfahrten, Karbolgeruch von Krankenhäusern und Operationen. „Der alte fromme Klimps, bei jedem Bissen Brot, den er genoß, sprach: Segne Gott! Den schönen Spruch nicht halb zu lassen, sprach: Und stirb! sein frommes Weib mit Hiobs Weib ihm nach.“ Was liegt vor in solchen Fällen?

Man hat früher wiederholt die Verse eines Gedichts als Ganzes gehört, den Geschmack einer Frucht in unmittelbarem Anschluß an ihren Anblick genossen, infolge des Vorhandenseins der diesen Eindrücken zugeordneten objektiven Ursachen. Gegenwärtig nun wirkt ein Teil der Ursachen wieder auf die Seele und ruft die ihm entsprechenden Eindrücke hervor, die übrigen Ursachen fehlen; gleichwohl aber treten die Wirkungen auch dieser fehlenden Ursachen, wenigstens als Vorstellungen, ins Bewußtsein. Allgemein: wenn beliebige seelische Gebilde einmal gleichzeitig oder in naher Aufeinanderfolge das Bewußtsein erfüllt haben, so ruft hinterher die Wiederkehr einiger Glieder des früheren Erlebnisses Vorstellungen auch der übrigen Glieder hervor, ohne daß für sie die ursprünglichen Ursachen gegeben zu sein brauchen. Die Seele erweitert und bereichert jederzeit das unmittelbar Gegebene auf Grund ihrer früheren Erfahrungen: sie stellt fortwährend, soweit sie es durch Vorstellungen vermag, die umfassenderen Verbände und größeren Einheiten wieder her, in denen sie das gegenwärtig fragmentarisch und lückenhaft in ihr Hervorgerufene früher erlebt hat. Sie nimmt nicht vieles auf von dem jeweilig auf sie Eindringenden; aber das, was sich nun durch die Gunst der Umstände in ihr durchsetzt, umspinnt und durchwebt sie mit seiner eigenen Vergangenheit. D. h. die im Bewußtsein hervortretenden Gebilde bewirken selbst diese Vervollständigung durch das Vergangene, und darin eben besteht die Wirksamkeit, die sie entfalten.

Die allgemeine Fähigkeit der Seele zu dieser Leistung bezeichnet man als *Gedächtnis*. Für die Tatsache selbst des Wiederhervortretens früherer Erlebnisse hat die gewöhnliche Sprache kein allgemeines Wort ausgebildet, sondern nur ein besonderes, für einen praktisch vorwiegend interessierenden Fall. Wenn nämlich die früher dagewesenen und gegenwärtig als Vorstellungen wiederkehrenden Inhalte zugleich auch von dem Bewußtsein ihres früheren Erlebtseins und vielleicht noch von Vorstellungen bestimmter Nebenumstände begleitet sind, nennt sie den Vorgang *Erinnerung*. Da es nicht zweckmäßig ist, die Betrachtung nur auf diesen, keineswegs immer verwirklichten Sonderfall einzuschränken, hat die wissenschaftliche Terminologie den Ausdruck *Reproduktion* geschaffen, der ganz allgemein den Vorgang der Vorstellungs-Wiederkehr früher dagewesener Erlebnisse be-

zeichnet. Reproduktion und Gedächtnis verhalten sich mithin etwa wie Arbeit und Energie; der erste Ausdruck bedeutet einen tatsächlich zu beobachtenden Vorgang, der zweite die auch in Abwesenheit des Vorgangs irgendwie vorhanden zu denkende Möglichkeit seines Auftretens. Noch häufiger indes bedient sich der wissenschaftliche Sprachgebrauch eines anderen Wortes, das ähnlich wie Gedächtnis dem Streben entspringt, die Benennung einer Erscheinung von der Ursache herzunehmen, die man für sie als wirksam vermutet. Es liegt zweifellos sehr nahe, die wechselseitige Reproduktion seelischer Gebilde, die früher zusammen erlebt wurden, dadurch zu erklären, daß diese Gebilde in eine engere Verbindung getreten und nun innerlich so miteinander verknüpft seien, daß eins immer das andere nach sich ziehen müsse. Diese gedachte Verbindung wird *Assoziation* genannt, und seelische Gebilde heißen also assoziiert, wenn sie früher einmal zusammen bewußt waren und die Annahme gerechtfertigt erscheint, daß sie einander unter geeigneten Umständen reproduzieren werden. Zugleich aber wird das Wort Assoziation sehr häufig noch in einem übertragenen Sinne gebraucht. Es bezeichnet nicht nur den vermuteten inneren Grund der Reproduktion, sondern diese selbst, das tatsächliche Auftreten von Vorstellungen zufolge jener gedachten inneren Verknüpfung, und es hat in dieser Bedeutung den Terminus Reproduktion bei vielen Autoren fast verdrängt. So heißt z. B. auch die soeben formulierte Gesetzmäßigkeit des Reproduktionsvorganges in der Regel *Assoziationsgesetz*. Abgesehen von diesem allgemein verbreiteten Ausdruck indes soll hier das Wort möglichst nur in seiner eigentlichen Bedeutung gebraucht werden.

Der Kürze halber ist das allgemeine Assoziationsgesetz zunächst in einer etwas zu engen Fassung ausgesprochen worden; es bedarf einer wichtigen Erweiterung. Käme es für die assoziative Weckung seelischer Gebilde strenge darauf an, daß die mit ihnen früher verbunden gewesenen Teilinhalte genau in derselben Weise wiederkehren müßten, wie sie früher vorhanden waren, so hätte die Seele, bei dem Ausnahmscharakter wirklicher Gleichheit in der Welt, verhältnismäßig selten Gelegenheit, von ihrer Fähigkeit der Erweiterung und Vervollständigung des Gegebenen Gebrauch zu machen. Aber solche völlige Gleichheit ist nun eben nicht erforderlich, und die außerordentliche Bedeutung des Vorgangs für das Seelenleben beruht gerade darauf, daß dies nicht der Fall ist. Auch wenn gegenwärtige Empfindungen oder Vorstellungen mit früher dagewesenen nicht identisch, sondern ihnen nur ähnlich sind, rufen sie Vorstellungen der mit jenem Ähnlichen früher verbunden gewesenen Gebilde hervor. Ist z. B. ursprünglich eine Gruppe von Gebilden *a b c d e* erlebt worden, so wird die Wieder-

kehr der Glieder a und b die den übrigen Gliedern entsprechenden Vorstellungen $\gamma\,\delta\,\varepsilon$ wachrufen; aber dies wird auch schon geschehen, wenn nicht $a\,b$, sondern die ihnen nur ähnlichen Eindrücke $a_1\,b_1$ jetzt in der Seele durch die ihnen entsprechenden Ursachen erzeugt werden. Um so leichter und sicherer begreiflicherweise, je größer, und um so schwerer und seltener, je geringer die zwischen $a\,b$ und $a_1\,b_1$ bestehende Ähnlichkeit ist.

Beim Lesenlernen werden den Kindern in Verbindung mit bestimmten Schriftzeichen verschiedene Laute und Lautkombinationen eingeprägt. Sie reproduzieren dann später diese Laute am sichersten, wenn ihnen ganz dieselben Schriftzeichen vorgeführt werden, aber meist auch schon, wenn die Zeichen etwas größer oder kleiner sind, wenn sie mit etwas anderen Typen gedruckt oder selbst, wenn sie mit kleinen Verzierungen versehen sind. Ähnlich gebraucht das Kind den Namen, den es für Hunde gelernt hat, zunächst auch für Katzen und andere Vierfüßler, den Namen der Fliege auch für Mücken und Sperlinge; Papa nennt es zahlreiche Personen, die mit seinem Vater in Gestalt, Barttracht und sonstigen Äußerlichkeiten eine große Ähnlichkeit zeigen. Zahlreiche verschiedene Farbentöne zwischen Purpur und Orange von den verschiedensten Helligkeits- und Sättigungsgraden reproduzieren stets das gleiche Farbenwort rot, auch wenn man die meisten von ihnen noch nie gesehen haben und also niemals direkt mit jenem Worte assoziert haben sollte. Wer den Himmel sich umziehen und verdunkeln sieht, denkt an ein Gewitter, einerlei ob die Formen der Wolken und der Grad der Dunkelheit genau dieselben sind, die er früher schon wahrgenommen hat, oder etwas andere. Beim Erscheinen der Weihnachtsbäume auf den Straßen und bei Erledigung der Weihnachtseinkäufe denkt man an vorangegangene Weihnachten und an die Jugendzeit, während einer Reise an die Erlebnisse früherer Reisen, obschon die konkreten Eindrücke, Vorstellungen, Absichten, von denen man erfüllt ist, kaum jemals mit den früher dagewesenen genau übereinstimmen werden. In manchen Beispielen, die man hier anführen könnte, läßt sich vielleicht die Ähnlichkeit auf eine Zusammensetzung aus teilweise gleichen und teilweise verschiedenen Bestandteilen zurückführen (S. 501) und dann die Reproduktion als Wirkung der auf beiden Seiten übereinstimmenden Glieder erklären, in anderen Fällen, wie den eben aufgeführten, wäre eine solche Zerlegung höchst gewaltsam oder überhaupt unmöglich. Die Auslösung reproduzierter Vorstellungen bei bloßer Ähnlichkeit der Ausgangsglieder oder durch Substitution ähnlicher Ausgangsglieder, wie man sagen kann, muß also als eine ursprüngliche und nicht weiter ableitbare Tatsache anerkannt werden.

Eine etwas andersartige Abweichung der Reproduktionen von den früher dagewesenen Erlebnissen findet auf seiten der Endglieder, bei den reproduzierten Vorstellungen selbst statt. Sie bilden das in früheren Erfahrungen mit den Ausgangsgliedern Verbundene ab, aber selten in der konkreten Bestimmtheit und Reichhaltigkeit, mit der es tatsächlich erlebt wurde. Vorstellungen sind durchweg, wie wir schon früher (S. 549) sahen, ungenauer, verwischter und lückenhafter als die Empfindungen oder früheren Vorstellungen, die sie doch in gewisser Weise wiedergeben, und die seelische Wiederherstellung der Vergangenheit ist daher stets nur eine annähernde. Einzelheiten dieses Verwischungsprozesses werden noch berührt werden (S. 677).

Als Wirkung des Reproduktionsvorganges wurde bisher nur das Auftreten von Vorstellungen angegeben. Daß diese wieder, sowohl durch ihren Inhalt wie durch die Art ihrer Verknüpfung, besondere Gefühlswirkungen haben können, und daß dadurch Assoziationen von größter Bedeutung auch für das Gefühlsleben der Seele sind, wurde bereits früher gestreift (S. 579). Vorwegnehmend sei hinzugefügt, daß Vorstellungen unter Umständen auch Bewegungen hervorrufen (§ 69), und daß infolge dieser Verkettung auch Handlungen der Seele assoziativ und in Abhängigkeit von ihren früheren Erfahrungen hervorgebracht werden. Das oben schon erwähnte Aussprechen von Zitaten oder Namen, an die man erinnert wird, gehört hierher; bisweilen kommt es nicht zu einem vollen Aussprechen der Worte, aber doch zu leichten Lippen- und Zungenbewegungen. Melodien, an die man denkt, summt man vor sich hin, oder man singt auch ein Stück davon heraus und begleitet es mit einer mimischen Handbewegung. Das Anhören von Tänzen und Märschen erzeugt rhythmische Bewegungen des Kopfes oder der Arme und Beine. Die Vorstellung des Trinkens, die durch den Anblick einer Quelle geweckt wird, bleibt nicht leicht bloße Vorstellung; sie ruft Bewegungen hervor, die das Trinken selbst möglich machen und es dann zur Ausführung bringen.

An dieser Umsetzung von Vorstellungen in Bewegungen besitzen wir, wie wir alsbald sehen werden, ein wichtiges Mittel, um in die Einzelheiten der Assoziations- und Reproduktionserscheinungen einzudringen. Zugleich vermögen wir durch sie nachzuweisen, daß diese Vorgänge auch für das Seelenleben der Tiere von Bedeutung sein müssen. Der Hund, der auf den Anruf seines Herrn herbeikommt und beim Anblick der geschwungenen Peitsche davonläuft, verbindet zweifellos mit den in ihm durch äußere Reize geweckten sinnlichen Eindrücken Vorstellungen von früher damit verbunden gewesenen Erlebnissen. So lernen Pferde ihren Stall kennen, sowie ihren bestimmten Platz im Stalle; sie verstehen die Bedeutung einfacher Signale,

das Geräusch des heranfahrenden Futterkastens usw. Katzen halten Löcher, in die ihnen einmal eine Maus entwischt ist, dauernd unter Kontrolle. Zugvögel kehren zurück an die Stätten, die sie im Vorjahr verlassen haben usw. Alle Dressur und Abrichtung der Tiere besteht in der künstlichen Erzeugung fester Assoziationen.

2. Herkömmliche Darstellung[1]. Die traditionelle Lehre von der inneren Verknüpfung, der Assoziation, der Vorstellungen und ihrer darauf beruhenden Hervorrufung ist anscheinend weit reichhaltiger. Sie behauptet, daß die Vorstellungsbewegung von vier verschiedenen Prinzipien beherrscht werde; sie gehe nämlich von den gegenwärtigen Erlebnissen 1. auf ähnliche Vorstellungen, 2. auf Vorstellungen gegensätzlichen Inhalts, 3. auf Inhalte, die mit den gegenwärtigen Eindrücken früher einmal räumlich verbunden waren, und 4. auf solche, die mit ihnen zeitlich zusammen waren. Sie formuliert mithin vier Assoziationsgesetze: der Ähnlichkeit, des Kontrastes, der räumlichen Koexistenz und der zeitlichen Verknüpfung oder Berührung.[2] In dieser Fassung ist die Lehre etwa so alt wie die Psychologie selbst; sie findet sich (nach einem unvollständigen Ansatz in dem platonischen Phaedo 72 D) bereits bei Aristoteles (de mem. 2). Allerdings hier lediglich zu praktischen Zwecken: um Winke daran zu knüpfen, wie man es anfangen müsse, sich auf etwas zu besinnen. Auf die fundamentale Bedeutung der Sache für das ganze Seelenleben wurde man erst seit der Mitte des 18. Jahrhunderts (Hume, Hartley) mehr und mehr aufmerksam.

---

[1] Hierzu u. a. Höffding, Psychologie[2] S. 208 f. Über Wiedererkennen, Assoziation usw. Vierteljahrsschr. f. wiss. Philos. **13** S. 420, **14** S. 57 usw. 1889/90. A. Lehmann, Über Wiedererkennen. Philos. Stud. **5** S. 96. 1889. Kritische und experimentelle Studien über das Wiedererkennen. Ebda. **7** S. 167. 1892. Offner, Über die Grundformen der Vorstellungsverbindung. Philos. Monatsh. **18** S. 385 und 513. 1892. Allin, Über das Grundprinzip der Assoziation. Diss. Berlin 1895. Deffner, Die Ähnlichkeitsassoziation. Zeitschr. für Psychol. **18** S. 218. 1898.

[2] Gesetze der *Ideenassoziation* werden sie vielfach genannt, namentlich in älteren Darstellungen. Diese Bezeichnung ist so charakteristisch für die Selbständigkeit des psychologischen Denkens, daß sie eine kleine Beleuchtung verdient. Die Wichtigkeit der Assoziationserscheinungen ist zuerst von den Engländern erkannt worden, und „Ideenassoziation“ ist die anscheinend wörtliche Übertragung des englichen „association of ideas“. Tatsächlich ist sie unrichtig, da das eigentliche Äquivalent des englischen „idea“ das deutsche „Vorstellung“ ist. Aber für den wissenschaftlichen Sprachgebrauch des 18. Jahrhunderts, der zugleich unter dem Einfluß des Französischen und Lateinischen stand, war jene Übertragung immerhin noch erträglich, für die spätere Zeit ist sie unzulässig geworden. Trotzdem hat ungezählte Male immer einer dem anderen gedankenlos nachgeschrieben: „Ideenassoziation“.

Von jenen herkömmlichen vier Gesetzen nun ist das vierte, das Gesetz des zeitlichen Zusammenhangs, identisch mit der oben gegebenen Formulierung; über die Notwendigkeit seiner Ansetzung kann kein Zweifel sein. In ihm aber ist augenscheinlich das dritte Gesetz im wesentlichen bereits enthalten. Damit Eindrücke von räumlich benachbarten Gegenständen sich reproduzieren, genügt es nicht, daß sie objektiv aus derselben Raumgegend herstammen, noch auch, daß sie durch räumlich benachbarte Teile der Sinnesorgane vermittelt werden; es kommt vor allem darauf an, daß sie als räumlich benachbarte zeitlich zugleich oder nahezu zugleich wahrgenommen werden. Und nur insofern könnte man vielleicht der Räumlichkeit noch eine besondere Bedeutung für die Reproduktion zuschreiben, als wir freilich räumliche Formen und Verhältnisse besonders leicht lebhaft und anschaulich vorzustellen vermögen; sodaß also das gleichzeitig Erlebte, wenn es zufällig noch eine räumliche Ordnung hat (wie Gesichtseindrücke), eben darum auch fester aneinander haften würde, als wenn ihm (wie bei Gehörseindrücken) eine solche Ordnung fehlt. Bleibt mithin noch die Frage nach Ähnlichkeit und Kontrast als Assoziationsprinzipien.

Rein als Registrierung unmittelbarer Erfahrungen betrachtet, ist ihre Aufzählung nicht übel. Daß man von gegenwärtigen Empfindungen oder Vorstellungen aus im weiteren Fortgang der Gedanken leicht zu Ähnlichem geführt wird, aber auch vielfach zu Entgegengesetztem, läßt sich mit vielen Beispielen belegen. Die Frage ist nur, ob dieses tatsächliche Verhalten der Vorstellungen seinen eigentlichen Grund in den genannten beiden Verhältnissen habe oder in etwas anderem, sodaß also Ähnlichkeit und Kontrast nur gleichsam Nebeneffekte einer auf dieses andere gerichteten Gesetzmäßigkeit sind.

Für den Kontrast ist diese Frage kaum noch eine Frage zu nennen. Allerdings: von Weiß geht der Gedankenfortschritt leicht und häufig auf Schwarz, von Riesen auf Zwerge, von Leben auf Tod, von Himmel auf Hölle. Bei quälendem Durst denkt man an die Wonne seiner Löschung; ein Befehl weckt häufig den bis dahin schlummernden Widerstand und den Gedanken des „nun gerade nicht". Zahlreiche Redewendungen beruhen auf solchen Verkettungen: von A bis Z, durch Palast und Hütte, von der Nordsee bis zur Adria usf. Aber die Vorstellungsbewegung wäre doch die wunderlichste Sache von der Welt, wenn das zu ihren letzten und nicht weiter ableitbaren Eigentümlichkeiten gehörte, sich so in Gegensätzen zu ergehen, noch ganz davon zu schweigen, daß sie ja auch gleichzeitig nicht das Entgegengesetzte, sondern vielmehr das Ähnliche hervorbringen soll. Einer bestimmten Vorstellung entspricht ein bestimmter Hirnrinden-

prozeß; wie soll man sich denken, daß die Rindenerregung, die z. B. der Vorstellung „groß“ zugehört, die ursprüngliche Tendenz habe, rein aus sich heraus in die der Vorstellung „klein“ entsprechende Erregung überzugehen? oder daß der materielle Prozeß für die Vorstellung „Riesen“ aus sich heraus in den Prozeß für die Vorstellung „Zwerge“ umschlagen könne? Man hat gemeint, kontrastierende Vorstellungen assoziierten sich nur dann, wenn sie zugleich in irgend einer Weise verwandt seien, bestehe die Verwandtschaft auch vielleicht nur in der gleichen Abweichung von einem gewissen Mittleren und Normalen; Kontrastassoziationen seien also eigentlich eine besondere Art von Ähnlichkeitsassoziationen. Mit dieser Konstruktion ist offenbar nicht durchzukommen. Ist die Verwandtschaft des Entgegengesetzten das eigentlich Wirksame an der Sache, warum geht die Gedankenbewegung von Weiß gerade auf Schwarz, und nicht auf Dunkelgrau, das jenem doch verwandter ist? von Reichtum auf Elend und nicht auf bürgerlichen Wohlstand? Ist es aber der gleiche Abstand von einem Mittleren, wo ist dieses Mittlere etwa bei dem Kontrast von Leben und Tod, von Frucht und Blüte? oder wer denkt daran, wenn auch noch so flüchtig, bei Schwarz und Weiß, Berg und Tal usw.?

Mir scheint nicht zweifelhaft, daß sich die Sache vielmehr so verhält: Kontrastassoziationen kommen nur da vor, wo Entgegengesetztes häufig zusammen erlebt wurde. Sie haben gar nichts zu tun mit einer besonderen Reproduktionskraft des Gegensatzes oder der Ähnlichkeit, sondern beruhen lediglich auf der allgemeinen Kraft des zeitlichen Zusammenhanges. Die Natur schafft vielfach in Kontrasten. Den Schatten setzt sie neben das Licht, Berge neben Täler, den Tod in das Leben; noch jeden Hungrigen, der am Leben geblieben ist, hat sie den Gegensatz der Sättigung erfahren lassen. Und der Mensch seinerseits stellt gleichfalls oft Kontrastierendes nebeneinander. Man kann es gut voneinander unterscheiden, deshalb druckt man schwarz auf weißem Grunde; es wirkt kräftig auf das Gefühl, deshalb braucht man es, um Eindruck zu machen, und verwendet es in der Kunst. Wenn nun einmal das Zusammensein in früheren Erfahrungen die Kraft hat, die Eindrücke aneinander zu binden und ihre wechselseitige Hervorrufung vorzubereiten, so kann es nicht fehlen, daß eben hierdurch auch Kontrastierendes vielfach zusammengerät, denn oft genug wird es zusammen erfahren. Die Kontrastassoziationen sind also, ganz wie die Raumassoziationen, nichts als gelegentlich verwirklichte Sonderfälle von Assoziationen der zeitlichen Verknüpfung, von *Erfahrungsassoziationen*, wie man sie kurz nennen kann.

Die Ursprünglichkeit der Kontrastassoziationen hat übrigens wohl kaum noch nennenswerte Vertreter, wohl aber die der Ähnlichkeits-

assoziationen. Daß auch mit deren Aufstellung zahlreiche Tatsachen der unmittelbaren Beobachtung richtig getroffen werden, wurde schon anerkannt. Reimworte erinnern aneinander wegen ihrer Ähnlichkeit, und darauf, daß sie es tun, daß also das erste Glied eines Reimpaares leicht die Vorstellung des zweiten weckt, beruht die Erleichterung des Auswendiglernens durch den Reim. In einzelnen Zuständen geistiger Erkrankung wird oft der ganze Vorstellungsverlauf vorwiegend beherrscht von dem bloßen Gleichklang der Worte, von Assonanzen, Reimen und dergl., wie Tante, Tanne, Kanne. Beim Anblick eines Bildes denkt man leicht an das Original; durch musikalische Figuren gelingt es wohl, Vorstellungen von Meereswellen, Pferdegetrappel usw. hervorzurufen. Einzelne Ungarweine erinnern an französischen Bordeaux, andere an Südweine; Selterswasser schmeckte bekanntlich einem Kinde wie eingeschlafene Füße. Wenn wir von dem Rücken eines Berges, den Augen einer Pflanze, der Blume eines Weines, von Landzungen, Kanonenstiefeln, Familienhäuptern, von schreienden Farben und bitteren Schmerzen reden, kurz, bei allen Metaphern liegen Ähnlichkeitsassoziationen zu Grunde, die vor allem bei der ersten Entstehung solcher Bedeutungsübertragungen wirksam waren.

Allein mit allen derartigen Tatsachen wird noch keineswegs bewiesen, daß es eine ursprüngliche und letzte Tendenz der Seele sei, in ihrer Vorstellungsbewegung so zu dem Gleichartigen fortzuschreiten. Vielmehr führt eine solche Annahme auch hier wieder in große Schwierigkeiten. Ähnlichen Vorstellungen werden auf der Hirnrinde ähnliche Erregungsprozesse entsprechen, sei es, daß die in vielgliedriger Gruppierung in Erregung versetzten nervösen Elemente bei beiden Vorstellungen teilweise dieselben sind, sei es, daß der Erregungsvorgang seiner Beschaffenheit nach (also etwa in seinem Rhythmus, seiner Intensität) in beiden Fällen gleichartig ist. Nun erscheint es verständlich, daß eine aus den zugehörigen Ursachen hervorgegangene Erregung einer bestimmten Zellenkombination zur Erregung einer anderen Gruppe weiterführe, die früher zugleich mit ihr erregt worden ist. Denn die nervöse Erregung ist ein fortschreitender Prozeß, der irgendwohin weiterstrahlen muß, und infolge jenes früheren Vorgangs werden jetzt die von einer Zellengruppe zur anderen führenden Fasersysteme für diese bestimmte Erregungsgestaltung leichter ansprechen als die anderswohin führenden Fasern. Aber wie eine bestimmte Erregung dazu kommen sollte, statt sich so zu verhalten, aus sich heraus und ohne anderweitigen Anstoß dazu sich in eine ähnliche Erregung umzuwandeln, d. h. also entweder ihre Beschaffenheit in mäßigem Grade zu ändern, oder teilweise auf andere Zellen überzugehen, teilweise an denselben haften

zu bleiben, das scheint mir sehr wenig verständlich. Außerdem ist doch Ähnlichkeit etwas durchaus Unbestimmtes. Wie soll denn nun eine bestimmte Erregung dazu führen, daß unter den zahlreichen anderen, die ihr in verschiedenen Hinsichten ähnlich sind, gerade wieder eine bestimmte zustande kommt? So muß es sich aber doch verhalten, wenn bestimmte Vorstellungen durch Ähnlichkeitsassoziationen geweckt werden sollen. Gesetzt, ich sehe ein sattrotes Quadrat. Was soll doch den zugehörigen Rindenprozeß veranlassen können, aus sich heraus in die anderen Prozesse umzuschlagen, die purpurfarbenen oder orangefarbenen, stumpferen oder helleren Quadraten oder dergleichen Rechtecken, Rhomben usw. entsprechen? Und wenn er einmal eine solche Verwandlungstendenz besitzt, wie soll er dazu gelangen, unter dieser reichen Fülle der Möglichkeiten sich für eine einzelne zu entscheiden und nicht in alle zugleich gestaltlos zu verfließen? Wäre ein direkter Übergang zu Ähnlichem eine unmittelbar zu beobachtende und nachzuweisende Tatsache, so würde man sich selbstredend fügen und ihn anerkennen. Aber da er eine zur Erklärung anderer Tatsachen hinzugedachte Konstruktion ist, wird man sich doch nach anderen Konstruktionen umsehen, die mit den sonst erforderlichen Annahmen über den inneren Zusammenhang der Dinge besser zusammenstimmen.

Nun lassen sich die sog. Ähnlichkeitsassoziationen völlig zwanglos aus unserem allgemeinen Assoziationsgesetz ableiten. Es sind Erfahrungsassoziationen, und zwar zwiefach verschiedener Art.

Einmal handelt es sich bei ihnen um Reproduktionen durch ähnliche Ausgangsglieder, die ja oben (S. 636) als etwas durchaus Reales anerkannt wurden, und die von Assoziationen zu einem dem Ausgangsglied ähnlichen Endglied, wie sie mit der Setzung der sog. Ähnlichkeitsassoziationen behauptet werden, wohl unterschieden werden müssen. Die Vorstellungsbewegung geht nicht unmittelbar von den Eindrücken *ab* auf die ihnen ähnlichen Eindrücke a_1 b_1; wohl aber geht sie, wenn früher die Eindrücke *ab* mit *cd* verbunden waren, nicht allein von *ab*, sondern auch von a_1 b_1 auf jene mit *ab* verknüpft gewesenen Glieder *cd*, oder vielmehr auf deren Vorstellungen $\gamma\delta$. Wenn das Kind einen begegnenden Fremden als Papa begrüßt, wer sagt uns, daß der Anblick des Fremden erst die Vorstellung des ähnlichen Vaters wecke und diese dann den entsprechenden Namen? Der dem Bilde des Vaters ähnliche Gesamteindruck löst vielmehr ohne weiteres die Wortvorstellung und die zugehörigen Sprachbewegungen aus, wie man oft genug daran sieht, daß das Kind bei dem Vorgange völlig teilnahmlos bleibt. So ist der Prozeß auch auf der materiellen Seite verständlich. Eine Veranlassung für den Er-

regungsvorgang ab, sich in den ähnlichen Vorgang $a_1 b_1$ zu verwandeln, ist nirgendwo ersichtlich. Aber wenn der Prozeß ab einmal die Kraft hat, den Prozeß cd hervorzurufen, daß dann auch der mit ab gleichartige Prozeß $a_1 b_1$ eine gewisse Kraft hierzu besitzen müsse, ist nach unseren sonstigen Vorstellungen von diesen Dingen nicht nur eine zulässige, sondern eine geradezu notwendige Annahme.

Nun findet man freilich bei zahlreichen Assoziationstheoretikern die Behauptung, solche Reproduktionen von ähnlichen Anfangsgliedern aus seien selbst nur möglich durch die Vermittelung von Ähnlichkeitsassoziationen, und sie seien gerade der stärkste Beweis für deren Realität. Damit $\gamma\delta$ von $a_1 b_1$ hervorgerufen werden könne, sei zunächst erforderlich, daß ab (oder $\alpha\beta$) hervorgerufen werde, da cd ja nur hiermit zusammen gewesen sei. Aber das ist doch eine reine Fiktion, der Theorie zu Liebe ersonnen und ohne Unterlage in der wirklichen Erfahrung. Wenn ich den Himmel sich umwölken sehe und an ein Gewitter erinnert werde, denke ich erst an eine frühere Umwölkung, mit der nun der Ausbruch eines Gewitters tatsächlich verbunden war? Ich weiß davon nicht das mindeste. „Spät kommt Ihr," werde ich in einer Gesellschaft begrüßt und fahre fort „doch Ihr kommt." Gesetzt, ich hätte das Wort bis dahin nur ein einziges Mal gehört, muß ich mir erst die Stimme und den Tonfall des Schauspielers vergegenwärtigen, von dem es gesprochen wurde, um so fortfahren zu können? H i n t e r h e r, nachdem die ähnlichen Ausgangsglieder längst ihre Wirkung getan haben, werde ich vielleicht, obschon nicht notwendig, auch an das erinnert, womit sie Ähnlichkeit haben, an irgend welche früheren Umwölkungen oder an jenen Schauspieler. Aber auch jetzt nicht etwa durch Ähnlichkeitsassoziationen, sondern von den Gliedern $\gamma\delta$ aus, die nun freilich, nachdem sie erst von $a_1 b_1$ aus geweckt worden sind, selbst zu $\alpha\beta$ zurückzuführen vermögen.

Was hier gelegentlich eintritt, e i n e r a s c h e A u f e i n a n d e r f o l g e v o n z w e i E r f a h r u n g s a s s o z i a t i o n e n, charakterisiert die zweite Gruppe von sogenannten Ähnlichkeitsassoziationen. Seelische Gebilde können sich dadurch ähnlich sein, daß sie mehr oder minder gut abtrennbare gemeinsame Bestandteile besitzen, wie es durch die Symbole $abcd$ und $cdmn$ dargestellt werden kann. Ist nun in einem solchen Falle die Gruppe $abcd$ gegeben, so können natürlich unter geeigneten Umständen die in ihr enthaltenen Glieder cd die Vorstellungen $\mu\nu$ reproduzieren. Wir haben dann unmittelbar nacheinander die ähnlichen Erlebnisse $abcd$ und $cd\mu\nu$, aber wieder nicht wegen einer besonderen Reproduktionskraft der Ähnlichkeit, sondern als ein unter diesen besonderen Umständen ganz naturgemäßes Ergebnis des allgemeinen Assoziationsgesetzes. So verhält sich die Sache bei allen

zerlegbaren Ähnlichkeiten, wie sie besonders deutlich bei Reimworten und Assonanzen vorliegen, aber überhaupt bei der Ähnlichkeit verwickelterer seelischer Bildungen in der Regel eine Rolle spielen. Von den Ähnlichkeitsassoziationen gilt also in Summa ganz dasselbe wie von den Raum- und Kontrastassoziationen: sie entspringen nicht einer besonderen, direkt auf ihre Verwirklichung gerichteten Fundamentalgesetzmäßigkeit des Seelenlebens, sondern sind unter besonderen Umständen zustande kommende und dadurch praktisch immerhin interessante Sonderfälle von Erfahrungsassoziationen.

3. Untersuchung des Einzelnen.[1] Bis vor etwa 20 Jahren war unsere Kenntnis der Gedächtniserscheinungen im wesentlichen beschränkt auf die erörterten allgemeinen Gesetzmäßigkeiten und einige etwas bestimmtere, aber zum Teil nur wenig gesicherte Niederschläge der alltäglichsten Erfahrungen. Seitdem hat sich die experimentelle Forschung des Gegenstandes bemächtigt und bereits eine große Fülle wichtiger Einzelheiten zu Tage gefördert. Um unser Wissen nach seinem gegenwärtigen Stande übersichtlich vorführen zu können, ist daher eine mehrfache Einteilung des Stoffes erforderlich. Ich werde also zunächst die Betrachtung einfacher Assoziationen zwischen zwei oder mehreren aufeinander folgenden Gliedern von der Betrachtung der verwickelteren Fälle sondern, in denen eine Vorstellung gleichzeitig mit mehreren anderen assoziativ verknüpft ist. Für die einfachen Assoziationen oder Assoziationsreihen ergibt sich dann weiter eine dreifache Gliederung als naturgemäß: 1) die Entstehung der Assoziationen durch das gleichzeitige Vorhandensein ihrer Glieder in der Seele und dessen Wiederholungen (*Erfahren und Lernen*). 2) das Schicksal der Assoziationen nach ihrer ersten Herstellung, ihr Bestehenbleiben und Schwinden (*Behalten und Vergessen*), 3) der Vorgang der Reproduktion. Daß dabei die Einordnung der einzelnen Erscheinungen in diese Rubriken bisweilen willkürlich bleibt, ist von vornherein zuzugeben. Die der Übersichtlichkeit halber überwiegend zweckmäßige Sonderung der drei Gesichtspunkte reißt eben auch

[1] Für das Folgende bis einschließlich § 64 kommen fast überall in Betracht: Ebbinghaus, Über das Gedächtnis. 1885. Müller u. Schumann, Experimentelle Beiträge zur Untersuchung des Gedächtnisses. Zeitschr. f. Psychol. 6 S. 81 u. 257; 1894. Müller u. Pilzecker, Experimentelle Beiträge zur Lehre vom Gedächtnis. Zeitschr. f. Psychol. Ergänzungsbd. 1; 1900. Ich verweise auf diese Arbeiten weiterhin nur durch Nennung der Namen ihrer Verfasser. — Eine allgemeine Übersicht über den Gegenstand mit einer Bibliographie von 86 Titeln, von denen nur 4 älter sind als 1885, bei Kennedy, On the Experimental Investigation of Memory. Psychol. Rev. 5 S. 477; 1898. Fortsetzung dieser Bibliographie bei Reuther, Wundts Psycholog. Stud. 1 S. 93; 1905.

gelegentlich Zusammengehöriges auseinander. Für die Betrachtung der mehrfachen Assoziationen liegt gleichfalls eine Dreiteilung nahe: 1) Mehrfache Assoziationen mit gemeinschaftlichem Ausgangsglied, 2) mehrfache Assoziationen mit gemeinschaftlichem Endglied, 3) mehrfache Assoziationen mit gemeinschaftlichem Ausgangs- und Endglied, die durch verschiedene Mittelglieder zusammenhängen.

Vor dem Eintreten in diese Einzelheiten werden einige Mitteilungen über die Methoden zweckmäßig sein, die die experimentelle Behandlung des Gegenstandes sich ausgebildet hat. Wie oben schon erwähnt, haben wir ein wichtiges Mittel zum Studium der Gedächtniserscheinungen in der Verknüpfung reproduzierter Vorstellungen mit Bewegungen. Man bedient sich seiner, indem man Vorstellungen hervorruft oder einprägen läßt, die sich leicht durch Sprach- oder Schreibbewegungen oder auch durch einfache Zeichnungen wiedergeben lassen, und nun zusieht, wie sich die Reproduktionen unter verschiedenen Umständen verschieden gestalten. Für manche Fragen hat man daneben noch ein anderes Mittel in Anwendung gebracht, nämlich die gleichfalls oben (S. 637) schon erwähnte zunehmende Ungenauigkeit sowie das schließliche Schwinden der Gedächtnisbilder. Man ruft einen früher dagewesenen sinnlichen Eindruck zu einer späteren Zeit aufs neue hervor und ermittelt, ob und wieweit er als etwas vorher Erlebtes richtig wiedererkannt wird, oder auch, wieweit sich sein Gedächtnisbild unter verschiedenen Bedingungen von seiner ursprünglichen Bestimmtheit entfernt hat. Im allgemeinen lassen sich also *Reproduktionsmethoden* und *Wiedererkennungs-* oder *Vergleichungsmethoden* unterscheiden. Die Ausgestaltung im einzelnen ist bei dem bloßen Wiedererkennen sehr einfach: man zählt lediglich ab, in wievielen der überhaupt möglichen Fälle es stattfindet, in wievielen nicht. Die für die Vergleichung eines Eindrucks mit einem irgendwie geänderten Gedächtnisbild möglichen Verfahrungsweisen entsprechen im wesentlichen den für die Vergleichung von Empfindungen ausgebildeten und oben (S. 91) behandelten psychophysischen Methoden. Man sucht also entweder durch entsprechende Abänderung der äußeren Reize einen sinnlichen Eindruck hervorzubringen, der von dem zu untersuchenden Gedächtnisbild eben unterschieden werden kann, oder man vergleicht das Gedächtnisbild mit verschiedenen unverändert bleibenden sinnlichen Eindrücken und bestimmt jedesmal, ob es diesen gleich oder in welcher Hinsicht es von ihnen verschieden erscheint. Bei den Reproduktionsmethoden ist eine größere Mannigfaltigkeit zu unterscheiden.

1) Handelt es sich bloß um die Untersuchung des Vorgangs der Reproduktion und des Weges, den diese nimmt, so kann man sich bereits bestehender, durch das tägliche Leben gebildeter Assoziationen

bedienen. Man ruft in der Seele der Versuchsperson irgendwelche nach bestimmten Gesichtspunkten ausgewählte Eindrücke hervor und sieht nun zu, wie diese assoziativ weiter wirken, was für Vorstellungen sie unter verschiedenen Umständen wachrufen, wieviel Zeit dazu erforderlich ist usw. Das Eindringen in die erste Bildung und die allmähliche Veränderung von Assoziationen indes ist umständlicher und mühsamer; es ist bisher auf vier verschiedene Weisen versucht worden.

2) Das einfachste und nächstliegende Verfahren besteht hier darin, daß man einer Versuchsperson mehrere Eindrücke gleichzeitig oder unmittelbar nacheinander vorführt und sie dann sogleich oder zu einer beliebigen späteren Zeit angeben läßt, welche davon sie zu reproduzieren vermag, sei es überhaupt, sei es in der ursprünglichen Ordnung. Die Fähigkeit zu dieser Wiedergabe bezeichnet man (nach Wernicke häufig als *Merkfähigkeit.* Indem man die Anzahl und Art der reproduzierten Eindrücke vergleicht mit den ursprünglich gegebenen, vielleicht auch die Zeit feststellt, die zu dem ganzen Reproduktionsakt erforderlich war, gewinnt man numerische Daten, die für die besonderen Umstände dieser Gedächtnisleistung oder für die Besonderheiten der verschiedenen Individuen in bezug auf sie ihre Bedeutung haben. Um das Verfahren kurz anführen zu können, will ich es als *Methode der behaltenen Glieder* bezeichnen. Es nimmt verhältnismäßig wenig Zeit in Anspruch, erfordert nur die einfachsten Hilfsmittel und ist zugleich das einzige, das (indem man die behaltenen Glieder nicht aussprechen, sondern niederschreiben läßt) eine Verwendung bei Massenuntersuchungen gestattet. Allein es eignet sich nur für wenige Fragen; für andere vermag es bloß eine grobe und vorläufige Orientierung zu geben. Wenn ich vor einer Woche ein Gedicht gelernt habe und gegenwärtig angeben soll, was ich davon noch weiß, so bringe ich vielleicht noch einige Zeilen vom Anfang und vom Ende zusammen. Aber mein noch vorhandener geistiger Besitz von dem Gedicht wird durch dieses wenige keineswegs richtig gemessen. Denn wenn mir nur ab und zu einzelne Stichworte, Strophenanfänge oder Versanfänge gegeben werden, so zeigt sich, daß ich noch beträchtlich mehr zu reproduzieren imstande bin, als ohne diese Hilfen zu Tage kam.

3) Weit mannigfaltigere und genauere Resultate liefert ein zweites Verfahren, die *Erlernungsmethode.* Man wiederholt die Einprägung einer Reihe von Gliedern, wie etwa beim Auswendiglernen eines Gedichtes, so lange, bis ein bestimmter gleicher und leicht erkennbarer Effekt eintritt, bis z. B. die Reihe zum ersten Male fehlerlos und in einem bestimmten Tempo hergesagt werden kann. Als Maß für die Güte der Gedächtnisleistung und für die Befähigung verschiedener Individuen zu ihr erhält man dann die Anzahl der zum

Erlernen nötigen Wiederholungen oder auch die Länge der dazu erforderlichen Zeit. Zugleich aber vermag man vermittelst dieses Verfahrens auch Aufschluß über Assoziationen zu gewinnen, die, zu irgend einer früheren Zeit und in beliebiger Stärke gestiftet, jetzt zu schwach sind, um zu direkten Reproduktionen zu führen. Man läßt Reihen, die ganz oder teilweise aus solchen vorher assoziierten Gliedern zusammengesetzt sind, bis zur ersten Reproduktion erlernen und stellt fest, welche Ersparnis von Wiederholungen dabei stattfindet, verglichen mit dem Erlernen gleichartiger Reihen unter gleichen Umständen, zwischen deren Gliedern noch keine Assoziationen bestehen (*Ersparnisverfahren*). Als Elemente für den Aufbau solcher Reihen haben sich sinnlose Silben als vorteilhaft erwiesen, die aus zwei Konsonanten und einem von ihnen eingeschlossenen Vokal oder Diphthong bestehen, und die so zusammengestellt werden, daß die baldige Wiederkehr eines gleichen Lautes sowie das Vorkommen sinnvoller Verbindungen vermieden wird. Aber auch einsilbige oder mehrsilbige Worte der gewöhnlichen Sprache sind brauchbar.[1]

4) Die Erlernungsmethode hat den zwiefachen Nachteil, einmal, daß sie an die Zeit und Geduld der Versuchspersonen verhältnismäßig hohe Anforderungen stellt, und sodann, daß sie bei dem Wiedererlernen der zu untersuchenden Reihen die assoziierten Glieder nicht in dem Zustande beläßt, in dem ihre Kenntnis vielfach von Wert ist, sondern erst durch Hinzufügung neuer Wiederholungen verändert. In beiden Hinsichten vorteilhafter ist ein von G. E. Müller und Pilzecker angegebenes und vielfach erprobtes Verfahren, das dem Erlernen von Vokabeln oder Jahreszahlen nachgebildet ist: die *Methode der Treffer*. Man führt der Versuchsperson die zu assoziierenden Glieder eine gewisse Anzahl von Malen vor und zeigt ihr dann zu einer späteren Zeit einzelne Glieder der vorher eingeprägten Reihe mit der Aufforderung, jedesmal das unmittelbar folgende Glied anzugeben; dann zählt man die erhaltenen richtigen Antworten oder Treffer. Dabei hat man den Vorteil, wenn es nützlich erscheint, auch die Zeit des Besinnens bestimmen zu können, die jedesmal zwischen dem Erkennen eines vorgezeigten Gliedes und der Reproduktion des

[1] Um, wenigstens bei sinnlosen Reihen, eine möglichst gleichmäßige Vorführung der einzelnen Glieder zu sichern, empfiehlt es sich, diese nicht wie beim gewöhnlichen Lernen zu mehreren nebeneinander dem Auge darzubieten, sondern sie durch eine geeignete Vorrichtung einzeln nacheinander hinter einem Spalt vorbei zu führen. Am zweckmäßigsten ist es dann wieder für die ruhige Auffassung der einzelnen Elemente, diese Bewegung sprungweise geschehen zu lassen, wie es z. B. durch einen von Wirth (Philos. Stud. 18 S. 701) angegebenen Apparat ermöglicht wird.

zugehörigen folgenden verfließt, sowie auch die erhaltenen falschen Antworten zu Rückschlüssen auf die assoziativen Vorgänge verwerten zu können.

5) Gewissermaßen das Negativ zu dieser Treffermethode bildet das folgende Verfahren, dessen ich mich gelegentlich mit gutem Erfolge bedient habe. Man läßt die Versuchsperson die vorher bis zu einem gewissen Grade eingeprägte Reihe reproduzieren, hilft ihr an den Stellen, wo sie stockt oder Fehler macht, durch sofortiges Nennen des richtigen Gliedes ein und zählt dann die erforderlich gewesenen Hilfen. Der jeweilige Zustand von unvollkommen assoziierten Reihen läßt sich vermittelst dieses Verfahrens, das ich als *Methode der Hilfen* bezeichnen will, vielleicht am direktesten und unmittelbarsten feststellen.

Von einem allgemeineren Gesichtspunkte aus kann man diese vier Arten des Reproduktionsverfahrens in zwei Klassen teilen. Entweder man läßt vorhandene Assoziationen möglichst wie sie sind und sucht irgendwie den Reproduktionseffekt zu bestimmen, den sie noch auszuüben vermögen. Oder man kräftigt vorhandene schwache Assoziationen erst so weit, daß sie einen bestimmten und stets gleichen Reproduktionseffekt hervorbringen, und mißt den dazu erforderlichen Arbeitsaufwand. Die zweite Klasse wird gebildet von der Erlernungs- und Ersparnismethode, zu der ersten gehören die drei übrigen Methoden. Und zwar stellen sich die Methoden der Treffer und der Hilfen als Vervollkommnungen dar, die an der ersten und verhältnismäßig primitiven Methode (der behaltenen Glieder) angebracht werden, um den sonst durch das Fehlen eines Vordergliedes unwirksam bleibenden Assoziationen zu ihrem Rechte zu verhelfen.

Über das Verhältnis der verschiedenen Methoden zu einander ist Ähnliches zu sagen wie oben (S. 94) bei den psychophysischen Methoden. Eine durchweg den anderen überlegene und also schlechthin beste Methode gibt es nicht; es kommt auf die zu untersuchende Frage, die obwaltenden Umstände, auch auf die Versuchspersonen an, wie man jedesmal am zweckmäßigsten verfährt. Nicht einmal, daß die Untersuchung desselben Problems mit Hilfe verschiedener Methoden durchweg dieselben Resultate liefern werde, darf man voraussetzen. Daß die Verhältnisse in dieser Hinsicht bisweilen viel weniger einfach sind, als man zunächst wohl vermuten sollte, wird sich weiterhin noch zeigen (S. 659). Zwar ist eine unter bestimmten Bedingungen sich geltend machende Gesetzmäßigkeit objektiv immer nur e i n e, aber die Bedingungen sind eben bei Anwendung verschiedener Methoden niemals dieselben. Sind auch die äußeren Umstände genau die gleichen, so ist doch die Absicht und damit das ganze geistige Verhalten der Versuchspersonen ein anderes, je nachdem sie z. B.

sich etwas einzuprägen haben, um es hinterher bloß wiederzuerkennen oder um es aktiv zu reproduzieren, je nachdem die Einprägung im ganzen oder nur für die Glieder einzelner Paare gefordert wird, und je nachdem es sich um ein Behalten für längere Zeit oder bloß für den Moment handelt.

§ 61. Die Bildung von Assoziationen (Erfahren und Lernen).

1. Bedeutung der Wiederholungen.[1] Wie jedermann weiß, kommt es für die innere Verknüpfung von seelischen Gebilden, die zu einer späteren Zeit einander reproduzieren sollen, vor allem darauf an, daß sie von der Seele genügend häufig gleichzeitig oder in naher Aufeinanderfolge erlebt werden, um so häufiger, je sicherer die Reproduktionen geschehen und in je späterer Zukunft sie noch möglich sein sollen. Wie groß freilich die Wiederholungszahlen für bestimmte Erlebnisse sein müssen, um zu einer bestimmten späteren Zeit noch eine Reproduzierbarkeit zu gestatten, vermögen wir nicht allgemein anzugeben. Wir wissen nur, daß hier die größten Verschiedenheiten bestehen. Einfache und besonders eindrucksvolle Begebenheiten kehren nach einer nur einmaligen Erfahrung noch nach Jahren mit voller Treue und Deutlichkeit ins Bewußtsein zurück; verwickeltere oder minder interessierende Dinge kann man Dutzende und Hunderte von Malen erleben, ohne daß sich ihr genauer Zusammenhang dauernd einzuprägen vermag.

Nur über einen besonders leicht zu untersuchenden Fall sind wir eingehender unterrichtet, nämlich über den Fall, daß die Reproduktion der assoziierten Glieder in unmittelbarem Anschluß an ihre Einprägung erfolgt (*unmittelbares Gedächtnis*). Die Fähigkeit zu einer solchen Reproduktion beginnt gleich bei einer gewissen Mehrheit von Gliedern; d. h. bei gehöriger Aufmerksamkeit ist es schon nach einer nur einmaligen Vorführung möglich, eine größere Anzahl von verhältnismäßig einfachen und nicht zusammenhängenden Gliedern treu und in der ursprünglichen Ordnung zu reproduzieren. Wie groß die Anzahl ist, hängt natürlich von der Beschaffenheit und zwar wesentlich von der Bekanntheit der Glieder ab: von sinnlosen Silben

[1] Ebbinghaus, a. a. O. § 19. Jacobs, Experiments on „Prehension". Mind. **13** S. 75; 1887. Bolton, Growth of Memory in School Children. Amer. Journ. of Psychol. **4** S. 362; 1892. Bourdon, Influence de l'âge sur la mémoire immédiate. Rev. philos. **37** S. 148; 1894. Binet et Henri, La simulation de la mémoire. Rev. scientif. **51** No. 23, S. 711. La mémoire des mots. Année psychol. **1** S. 1; 1895. Netschajeff, Experimentelle Untersuchungen über die Gedächtnisentwickelung bei Schulkindern. Zeitschr. für Psychol. **24** S. 321; 1900.

vermag man durchschnittlich (d. h. ebenso oft richtig wie falsch) etwa 6—7, von einsilbigen Worten 8—9, von Ziffern 10—12 nach einmaligem Durchlesen oder Anhören wiederzugeben.

Ob die Reproduktion mündlich oder schriftlich geschieht, macht keinen besonders großen Unterschied; immerhin bedingt der Zeitaufwand des Niederschreibens und die dadurch bewirkte Zerstreuung eine gewisse Verschlechterung der Resultate. Verschiedene Individuen liefern etwas verschiedene Werte, ebenso dieselben Individuen in verschiedenen Zuständen der Frische und Abspannung; aber im ganzen sind die Unterschiede bei dieser einfachen Gedächtnisleistung weit geringer als z. B. bei dem Erlernen längerer Reihen oder bei der Reproduktion nach längeren Zwischenzeiten. Für dasselbe Individuum unter annähernd gleichen Umständen zeigen die Zahlen eine ziemlich scharfe Abgrenzung: 6 sinnlose Silben z. B. reproduziere ich selbst sozusagen ausnahmslos ohne Fehler, bei 8 dagegen gelingt mir nur selten einmal ein fehlerfreies Hersagen. Von Einfluß ist das Lebensalter: Erwachsene vermögen durchweg längere Reihen zu umspannen als Kinder. Um einen ungefähren Anhalt zu geben, kann man sagen, daß mit 18—20 Jahren annähernd $1^1/_2$ mal soviel Silben oder Worte unmittelbar reproduziert werden können als mit 8—10 Jahren. Der Hauptfortschritt scheint in dem Alter von 13 bis 15 Jahren stattzufinden. Nach vollendeter körperlicher Entwickelung bleiben die Zahlen nahezu konstant; bei mir sind sie seit mehr als 20 Jahren unverändert. Charakteristisch und wichtig endlich nicht nur für diese, sondern auch für die übrigen Äußerungen des Gedächtnisses ist noch der folgende Zug, der gleich hier erwähnt werden möge. Die objektive Richtigkeit einer reproduzierten Reihe und das subjektive Bewußtsein ihrer Richtigkeit gehen keineswegs immer zusammen. Eine Reihe läuft oft ab, gleichsam als ob man keinen Teil an ihr hätte, und man ist sehr überrascht, hinterher von dem Leiter des Versuchs zu hören, daß sie völlig richtig war. Nicht selten aber geschieht auch das Umgekehrte: das angenehme Bewußtsein, die Reihe richtig hergesagt zu haben, wird getrübt durch die nachfolgende Wahrnehmung des einen oder anderen Fehlers.

Überraschend ist nun das Verhalten der Reproduktionsfähigkeit, wenn die Anzahl der Reihenglieder nur wenig über das Höchstmaß hinausgeht, das man nach einmaliger Vorführung noch gerade bewältigt. Es prägen sich dann nicht etwa so viele Glieder ein, wie man bei kürzeren Reihen noch sicher zu umspannen vermag, während die übrigen ausfallen, sondern die Unfähigkeit zu der größeren Leistung schädigt nun auch die Fähigkeit zu der geringeren, und die Zahl der nach einmaliger Vorführung behaltenen Reihenglieder vermindert

sich. Schon bei 12 sinnlosen Silben z. B. vermag man oft nur noch das Anfangsglied und das Endglied der Reihe wiederzugeben; bei längeren Reihen haftet oft gar nichts mehr. Soll aber die Reproduktion der ganzen Reihe herbeigeführt werden, so ist es erforderlich, die Zahl ihrer Wiederholungen zu steigern, und zwar wächst diese Zahl dann namentlich zuerst außerordentlich schnell mit zunehmender Reihenlänge. Während ich z. B., wie eben erwähnt, Reihen von 6 sinnlosen Silben fast ausnahmslos schon nach einmaliger Vorführung fehlerfrei wiederzugeben vermag, gelingt dies bei (schnell gelesenen) Reihen von 12 Silben erst nach 14—16, bei solchen von 16 Silben gar erst nach 30, bei 36 Silben nach 55 Wiederholungen. In Übereinstimmung hiermit fanden Binet und Henri bei dem Rechenkünstler Diamandi, daß er 10 Ziffern in 17 Sekunden lernen und auswendig niederschreiben konnte, dagegen zu 20 Ziffern $2^1/_4$ Minute, zu 100 Ziffern 25 Minuten und zu 200 Ziffern $1^1/_4$ Stunde gebrauchte. Auch subjektiv rufen die ersten Wiederholungen einer längeren Reihe durchaus nicht das Bewußtsein einer zunehmenden Sicherheit in ihrer Beherrschung hervor; vielmehr entsteht zunächst eine gewisse Verwirrung und ein Durcheinandergehen der Reihenglieder, dem erst allmählich und ausgehend von einzelnen Stellen der Reihe eine Klärung und Festigung der Vorstellungen folgt. Manche Personen übrigens vermögen ein fehlerfreies Hersagen längerer sinnloser Reihen in absehbarer Zeit überhaupt nicht zu erzielen. Immer wieder werden ihnen einzelne Teile durch das Übrige in Verwirrung gebracht, und auf eine völlig getreue Reproduktion müssen sie schließlich verzichten.

Man wird geneigt sein, diese rasch zunehmende Erschwerung bei der Erlernung längerer Reihen mit der Enge des Bewußtseins in Verbindung zu bringen. In der Tat ist einem bei dem Versuch, sich immer neue Reihenglieder anzueignen und dabei zugleich die vorher dagewesenen festzuhalten, ähnlich zu Mute, wie bei dem gleichzeitigen Betriebe zweier voneinander unabhängiger Beschäftigungen. Indes bedarf diese Auffassung der Sache noch einer Erweiterung, die später (S. 686) folgen wird.

2. Wirkung der einzelnen Wiederholungen.[1] Die eben erwähnte Verwirrung, die sich bei den ersten Wiederholungen längerer

[1] Ebbinghaus a. a. O. § 22, 23 u. 25. Binet et Henri, La mémoire des mots. Année psychol. 1 S. 12; 1895. W. G. Smith, The Place of Repetition in Memory. Psychol. Rev. 3 S. 21; 1896. Lipmann, Die Wirkung der einzelnen Wiederholungen usw. Zeitschr. für Psychol. 35 S. 195; 1904. Reuther, Beiträge zur Gedächtnisforschung. Wundts Psychol. Stud. 1 S. 4; 1905. P. Ephrussi, Experimentelle Beiträge zur Lehre vom Gedächtnis. Zeitschr. für Psychol. 37 S. 222; 1905.

Reihen zunächst einstellt, macht es wünschenswert, über den allmählichen Fortschritt der Einprägung der Reihen durch die aufeinander folgenden Wiederholungen nähere Auskunft zu erhalten. Wieviel tragen die ersten, wieviel die folgenden Wiederholungen dazu bei, daß die Reihenglieder sich schließlich bis zur Ermöglichung einer fehlerfreien Reproduktion aneinander schließen?

Eine gewisse Orientierung hierüber erhielt ich durch das Ersparnisverfahren. Ich las 16 silbige Reihen je 8 mal, 16 mal, 24 mal, 32 mal usw. aufmerksam durch und lernte sie 24 Stunden später bis zum ersten fehlerfreien Hersagen auswendig. Die dabei erzielte Ersparnis war bis zu einer gewissen Grenze ziemlich genau proportional der Anzahl der vorher auf die Reihe verwandten Wiederholungen: für jede tagsvorher vorgenommene Lesung einer Reihe wurden bei ihrem Erlernen etwa zwei Sekunden erspart, d. h. ungefähr $^1/_3$ der Zeit, die die einzelne Lesung selbst in Anspruch nahm. Erst wenn die Zahl der Wiederholungen erheblich über das zum ersten Auswendiglernen der Reihen erforderliche Maß hinausging, wurde ihre einprägende Kraft schwächer und schließlich sehr gering. Bei der Verwendung gleicher Wiederholungsgruppen auf das Lernen längerer Reihen und bei Prüfung der durch sie erlangten Festigkeit nach längerer Zeit bestünde demnach unterhalb jener Grenze kein wesentlicher Unterschied in der einprägenden Kraft der einzelnen Gruppen.

Indes ein besonderes Interesse knüpft sich gerade an die Kenntnis des Wertes der einzelnen Wiederholungen und zugleich auch an den Verlauf der ersten Stadien der Einprägung. Hierüber hat man nach verschiedenen Methoden Untersuchungen angestellt und ist dabei im großen und ganzen zu übereinstimmenden Ergebnissen gelangt. Die bei weitem größte Wirkung für die unmittelbar folgende Reproduktion einer Reihe hat ihre erste Lesung; d. h. man vermag nach ihr mehr Elemente der Reihe wiederzugeben, als durch irgend eine der folgenden Lesungen hinzugewonnen werden. Die der ersten zunächst folgenden Lesungen bringen oft nur eine geringe Steigerung der Reproduktionsfähigkeit. Jene für das unmittelbare Bewußtsein deutlich merkbare wechselseitige Störung der Reihenglieder (S. 651) bewirkt einen Stillstand der Einprägung, und erst wenn das Ganze durch einige Lesungen etwas vertrauter geworden ist, erfolgt mit einem Sprung eine weitere Steigerung in der Zahl der behaltenen Elemente. Im weiteren Verlauf geschieht die Zunahme meist gleichmäßiger, indes bisweilen wiederholen sich solche Stillstände und Sprünge auch wohl. Sieht man von ihnen ab, indem man je mehrere der späteren Lesungen zu Gruppen vereinigt, so erweisen sich ihre Durchschnitts-

wirkungen als nicht allzu verschieden von einander. Jedoch schließlich, mit der Annäherung an die vollständige Beherrschung der Reihe, wird der Wert der einzelnen Lesung, gemessen an der Zunahme der reproduzierbaren Reihenglieder, begreiflicherweise immer geringer.

Natürlich sind es bei der allmählich fortschreitenden Einprägung einer Reihe zunächst die leichteren oder aus irgend einem Grunde auffallenden Glieder, die im Gedächtnis haften. Aber daneben spielt ein anderes Moment eine bedeutende Rolle: die absolute Stelle der Reihenglieder. Wird die Aufmerksamkeit der Versuchspersonen sich selbst überlassen, so richtet sie sich durchweg zunächst überwiegend auf Anfang und Ende der zu lernenden Reihen und diese prägen sich dadurch zuerst ein. Bei Versuchen nach der oben (S. 648) beschriebenen Methode der Hilfen ermittelte ich, wieviel Hilfen gegeben werden müssen, um eine 1 mal, 2 mal, 3 mal usw. aufmerksam durchgelesene Reihe unmittelbar nachher in einem bestimmten Tempo hersagen zu können. Werden die hierbei gefundenen Hilfen für sämtliche Lesungen gleichartiger Reihen lediglich nach der Ordnungszahl der Reihenglieder gruppiert, werden also die für die 1 ten, 2 ten, 3 ten Glieder erforderlich gewesenen Hilfen ohne Rücksicht auf die Anzahl der vorangegangenen Lesungen zusammengerechnet, so ergibt sich folgende Tabelle:

Ordnungszahl der Reihenglieder:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Zahl der Hilfen bei:												
48 Reihen von 10 Worten:	0	3	6	9	23	24	31 1/2	25	23	5 1/2		
63 Reihen von 12 Worten:	0	11	21	13 1/2	35	36	36	29 1/2	43	37 1/2	34	11

Die ersten Glieder sämtlicher Reihen sind hier, einerlei ob nach einer oder mehreren Lesungen, ausnahmslos ohne jede Hilfe wiedergegeben worden, die zweiten Glieder mit verhältnismäßig wenigen Hilfen, ebenso die letzten. Die Einprägung beginnt also (wie auch andere Beobachter vielfach bestätigt haben) am Anfang und am Ende der Reihen, schreitet dann in starker Abhängigkeit von dem gewählten (hier trochäischen) Rhythmus schneller von dort, langsamer von hier nach der Mitte fort und erreicht zuletzt die späteren Mittelglieder.

3. Zugehörigkeit zu einem Ganzen.[1] Von besonderer Wichtigkeit für die assoziative Verknüpfung von Eindrücken ist es, ob sie bloß als eine zusammenhanglose Mehrheit oder, unbeschadet

[1] Ebbinghaus, a. a. O. § 21. Müller u. Schumann, a. a. O. § 4—7. Binet et Henri, La mémoire des phrases. Année psychol. 1 S. 24; 1895. Margar. V. Smith, Rhythmus und Arbeit. Philos. Stud. 16 S. 197; 1900.

ihrer Vielheit, zugleich als Teile eines Ganzen zum Bewußtsein kommen. Was das zu bedeuten hat, haben wir früher gesehen und auch verschiedene Fälle kennen gelernt, in denen wir den Eindruck von Ganzheit erleben (S. 504 f. und 563). Die einzelnen Worte oder Absätze eines gedruckten Textes, die mit derselben Farbe umzogenen Umrisse eines Landes auf einer Karte, die verschiedenen Rhythmen werden unmittelbar als Ganze aufgefaßt; weiterhin werden dann Vorstellungen verschiedener Empfindungsgebiete, wie die des Aussehens, des Aromas und des Geschmacks einer Apfelsine, durch die Identität eines mit ihnen verknüpften Wortes zu einer Einheit zusammengeschlossen, verschiedene Wortvorstellungen durch einen einheitlichen Gedanken, einen Sinn, den sie alle darstellen helfen usw. Durch die Zugehörigkeit zu einem solchen Ganzen nun wird die Bildung von Assoziationen zwischen verschiedenen Elementen außerordentlich erleichtert.

Es macht keinen großen Unterschied, ob man Reihen von einsilbigen oder von zweisilbigen Worten lernt, d. h. man bewältigt die gleiche Anzahl von jeder Art annähernd mit demselben Aufwand von Wiederholungen. Auf die Menge der einzuprägenden Silben oder Buchstaben kommt es nicht so sehr an, als vielmehr auf die Anzahl oder die Art der durch sie bezeichneten Vorstellungen. Nicht einmal ob man Reihen von sinnlosen Silben oder von sinnlosen Buchstaben lernt, macht einen sehr großen Unterschied; mit der gleichen Anzahl von Wiederholungen vermag man sich von jenen annähernd die gleiche Zahl einzuprägen wie von diesen, obwohl die Menge der aufgenommenen Einzelbuchstaben bei den Silben natürlich beträchtlich größer ist. Die Vereinheitlichung, die den einzelnen Buchstabengruppen durch die Zusammenziehung zu einer Silbe zuteil wird, ist eine verhältnismäßig geringe; namentlich ist sie eine ganz willkürliche: sie beruht auf gar keiner sonstigen Zusammengehörigkeit gerade dieser Buchstaben. Aber wenn sie einmal beliebt wird, entfaltet sie gleichwohl eine kräftige Wirkung.

Besonders der Unterschied sinnvoller und sinnloser Verbindungen von Worten ist hier von Wichtigkeit. Binet und Henri ließen von verschiedenen Schulklassen teils Reihen zusammenhangloser Worte, teils sinnvolle kleine Sätze nach einmaligem Anhören niederschreiben. Dabei fanden sie z. B., daß Schüler von sonst gleichartigen Klassen von 7 zusammenhanglosen Worten durchschnittlich nur 5 zu behalten vermochten, während sie von einem Satz von 38 Worten, in dem sich 17 begrifflich zusammengehörige Gruppen unterscheiden ließen, 15 solcher Gruppen wiedergeben konnten, bei einem Satz von 74 Worten mit 24 Begriffsgruppen noch 18 Gruppen. Zugleich waren die behaltenen Satzteile ganz überwiegend solche, die für den Zusammen-

hang und den einheitlichen Sinn der Sätze wesentlich waren, die ihr eigentliches Skelett ausmachten, während die erweiternden und ausschmückenden Zutaten, die die Einheit des Ganzen ja bis zu gewissem Grade wieder lockern, vielfach vergessen wurden.

Will man die verknüpfende Wirkung eines einheitlichen Sinnes (im Verein mit Rhythmus und Reim) irgendwie durch eine Zahl ausdrücken, so gibt folgender Vergleich einen gewissen Anhalt. Die Stanzen der Schillerschen Übersetzung der Aeneis lerne ich durchschnittlich mit 6—7 Wiederholungen. Jede Stanze zählt im Durchschnitt 56 Worte oder Wortteile von selbständiger Bedeutung. Bringt man davon die unselbständigen Worte, wie Artikel, Präpositionen, Pronomina, in Abzug, so mögen noch 36—40 voneinander unabhängige Vorstellungen übrig bleiben, deren Vereinigung zu dem von dem Dichter gewollten Ganzen nun eben gelernt werden muß. Da ich zur Einprägung einer Reihe von 36 sinnlosen Silben im Durchschnitt 55 Wiederholungen nötig habe (S. 651), so kann man sagen, daß, soweit sich die Dinge überhaupt vergleichen lassen, sinnvolle Verse von mir etwa 9—10mal schneller erlernt werden als sinnlose Stoffe. Andere Beobachter haben mehrfach das gleiche Verhältnis gefunden.

Die assoziierende Kraft des Rhythmus ist aus manchen Erfahrungen des täglichen Lebens über Genusregeln, Memorierverse u. dergl. bekannt; sie ist kürzlich von Marg. Smith auch experimentell nachgewiesen worden. Gewiß kommen dabei verschiedene Momente gleichzeitig in Betracht, z. B. die Erregung von Lustgefühlen durch den Rhythmus, die gleichmäßigere Verteilung der Aufmerksamkeit durch ihn; aber von besonderer Bedeutung ist jedenfalls die Vereinigung der rhythmisierten Glieder zu kleineren und größeren Ganzen, zu Takten und Taktgruppen. Die Wichtigkeit dieser Zusammenschließung für die Festigkeit der Assoziationen haben Müller und Schumann durch scharfsinnige Versuche dargetan. Sie ließen Reihen von je 12 sinnlosen Silben in trochäischem Rhythmus bis zur ersten Reproduktion auswendig lernen. Zu einer späteren Zeit ließen sie dann andere Reihen von der gleichen Silbenzahl erlernen, die auf dreifach verschiedene Weise aus jenen ersten abgeleitet waren. Entweder die neuen Reihen enthielten außer 2 beliebigen Silben 5 ganze Trochäen, die an verschiedenen Stellen der Vorreihen gestanden hatten; es waren also die einheitlichen Takte der Vorreihen erhalten, aber in anderer Anordnung miteinander kombiniert worden. Bezeichnet man zwei Vorreihen schematisch in dieser Weise

$$\acute{I}_1\ I_2 \mid \acute{I}_3\ I_4 \mid \acute{I}_5\ I_6 \ldots \mid \acute{I}_{11}\ I_{12} \quad \text{und} \quad \acute{II}_1\ II_2 \mid \acute{II}_3\ II_4 \mid \acute{II}_5\ II_6 \ldots \mid \acute{II}_{11}\ II_{12}$$

so würde eine solche Nachreihe mit *Taktschonung* etwa so aussehen:

$$\acute{II}_9\ I_2 \quad \acute{II}_7\ II_8 \quad \acute{I}_{11}\ I_{12} \quad \acute{II}_8\ II_4 \quad \ldots$$

Oder aber die Nachreihen waren (abgesehen von 2 beliebigen Silben) aus 5 Silbenpaaren aufgebaut, die gleichfalls verschiedenen Stellen der Vorreihen entnommen waren, jedoch hier 2 aufeinander folgenden Trochäen angehört hatten und nun auch in der Nachreihe, um an ihrer Betonung nichts zu ändern, 2 aufeinander folgenden Takten zugeteilt wurden. Das Schema einer solchen Nachreihe mit *Taktlösung* wäre etwa:

$$\acute{I}_6\ II_4 \mid \acute{II}_5\ I_{10} \mid \acute{I}_{11}\ II_3 \mid \acute{II}_9 \ \ldots$$

Oder endlich die Nachreihen waren lediglich aus einzelnen den Vorreihen entnommenen Silben zusammengestellt, um den Einfluß der bloßen Wiederkehr schon dagewesener Elemente zum Vergleich festzustellen. Bei dem Erlernen der Nachreihen nun erforderten diese Vergleichsreihen fast genau dieselbe Wiederholungszahl wie die Vorreihen. Für die anderen Reihen ergab sich eine deutliche Ersparnis, aber für die Reihen mit Taktschonung war sie bedeutend größer als für die Reihen mit Taktlösung. Bei Müller selbst z. B., der die Nachreihen 24 Stunden nach den Vorreihen erlernte, betrug sie durchschnittlich 5 Wiederholungen für die Reihe bei Taktschonung und nur 1,7 Wiederholung bei Taktlösung. Die von vornherein vollkommen willkürliche Rhythmisierung der Reihen hatte also für die durch sie zu einem Takt verbundenen Silben bedeutend festere Assoziationen geschaffen als für die aufeinander folgenden Silben verschiedener Takte. Das gleiche Verhalten fand ich sehr deutlich bei den vorhin (S. 653) erwähnten Untersuchungen über die allmähliche Einprägung von Reihen in Abhängigkeit von der Wiederholungszahl. Las ich 10gliedrige Wortreihen mit verschiedener Häufigkeit in trochäischem Rhythmus, so verteilten sich die für das Hersagen der Reihen erforderlichen Hilfen, wie angegeben, in folgender Weise auf die einzelnen Reihenglieder:

Ordnungszahl der Reihenglieder:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zahl der Hilfen:	0	3	6	9 |	23	24	31½	25 |	23	5½

Las ich dagegen 10gliedrige Silbenreihen in daktylischem Rhythmus, so war die Verteilung diese:

2 4 7 | 24½ 22½ 18½ | 39 40 28½ | 10.

Die ganz willkürlich in die Reihen hineingebrachten Takteinheiten verraten sich aufs deutlichste in der Größenordnung der auf jeden Daktylus und jeden Doppeltrochäus entfallenden Zahlen von Hilfen.

4. Häufung und Verteilung der Wiederholungen.[1] Bei der Untersuchung des Einflusses vielfacher Wiederholungen auf das Erlernen und Behalten von sinnlosen Silbenreihen wurde ich auf ein sehr bemerkenswertes Verhalten aufmerksam. Die Untersuchungen wurden auf zwei verschiedene Weisen angestellt: in einer ersten Versuchsreihe wurden 12 silbige Reihen zunächst bis zur ersten fehlerfreien Reproduktion auswendig gelernt, dann je noch 3 mal so oft aufmerksam durchgelesen, als zu ihrem Erlernen erforderlich gewesen war, und 24 Stunden später wieder bis zur ersten Reproduktion erlernt; in einer zweiten Reihe wurden Silbenreihen derselben Art einfach an mehreren aufeinander folgenden Tagen jedesmal bis zur ersten Reproduktion auswendig gelernt. Dabei ergab sich nun ein auffallender Unterschied in der Anzahl der Wiederholungen, die zur Herbeiführung eines bestimmten Resultates erforderlich waren. Bei dem ersten Verfahren waren die einzelnen Reihen im Durchschnitt mit 17 Wiederholungen gelernt und danach noch 51 mal gelesen, im ganzen also 68 mal wiederholt worden; 24 Stunden später waren bis zu ihrer erneuten ersten Reproduktion noch annähernd 7 Wiederholungen notwendig. Bei dem anderen Verfahren wurden auf die einzelnen Reihen an den aufeinander folgenden Tagen durchschnittlich $17^1/_2$, 12, $8^1/_2$ Wiederholungen verwandt, um jedesmal ein fehlerfreies Hersagen zu erzielen; am 4. Tage gelang dies dann schon nach etwa 5 Wiederholungen. Mithin erwiesen sich 68 Wiederholungen, die unmittelbar hintereinander vorgenommen wurden, für das spätere Wiedererlernen einer Reihe weniger vorteilhaft als 38, die über 3 aufeinander folgende Tage verteilt waren; oder anders ausgedrückt: der Nutzeffekt von 51 Zusatzwiederholungen unmittelbar nach dem ersten Auswendiglernen einer Reihe war weniger günstig für ihr späteres Wiedererlernen als der Effekt von nur 20 Wiederholungen, die in zwei Gruppen und mit je 24 Stunden Zwischenzeit auf die Reihe verwandt wurden. Nimmt man noch hinzu, daß nach den getroffenen Anordnungen die sämtlichen Wiederholungen bei dem Häufungsverfahren schon nach 24 Stunden zur Geltung kamen, bei dem Verteilungsverfahren dagegen zum größeren Teil 2 mal und 3 mal 24 Stunden zurück lagen und also in ihrer Wirkung durch den Einfluß des Vergessens stärker geschwächt sein mußten, so stellt sich der Vorteil einer Verteilung der Wiederholungen für die Festigkeit der durch sie gestifteten Assoziationen als ein sehr bedeutender dar.

[1] Ebbinghaus, a. a. O. S. 121. Jost, Die Assoziationsfestigkeit in ihrer Abhängigkeit von der Verteilung der Wiederholungen. Zeitschr. für Psychol. 14 S. 436. Müller u. Pilzecker, a. a. O. § 48 u. 49. Lipmann (s. S. 651 Anm.) S. 222.

Auf Veranlassung von G. E. Müller hat Jost diese Erscheinung näher untersucht und unser Wissen über sie wesentlich gefördert. Er stellte zunächst fest, daß der Nachteil der Wiederholungshäufung nicht etwa, wie man nach meinen lang ausgedehnten Versuchen vermuten könnte, allein auf Ermüdung beruhe, also darauf, daß die späteren Wiederholungen wegen zunehmender Abspannung und Unaufmerksamkeit keine volle Wirkung mehr ausübten. Denn jener Nachteil zeigte sich auch, wenn die Zahl der gehäuften Wiederholungen so beschränkt wurde, daß von einer Ermüdung der Versuchsperson nach den sonstigen Erfahrungen mit ihr keine Rede sein konnte, ja sogar auch, wenn die Verteilungswiederholungen in die Häufungswiederholungen eingeschaltet wurden, sodaß sie von einer Ermüdung des Lernenden mit geschädigt werden mußten. Sodann fand er, daß bei Reihen, zu deren Erlernung überhaupt eine größere Anzahl von Wiederholungen erforderlich ist, die Verteilung der Wiederholungen um so günstiger wirkt, je ausgedehnter sie ist. Wurden 24 Wiederholungen von 12 silbigen Reihen zu je 4 auf 6 Tage verteilt, so ergab hinterher die Prüfung der Reihen mit dem Trefferverfahren weit bessere Resultate als bei einer Verteilung von je 8 Wiederholungen auf 3 Tage; und bei Vornahme von nur 2 Wiederholungen an 12 aufeinander folgenden Tagen waren die Resultate wiederum besser als bei der Verteilung auf 6 Tage.[1]

Endlich hat Jost für die augenscheinlich hier vorliegende Gesetzmäßigkeit, die auch Müller und Pilzecker bei Gelegenheit anderer Untersuchungen durchweg bestätigt fanden, eine Erklärung versucht. Man könnte von vornherein offenbar an eine zwiefache Möglichkeit denken. Entweder wird durch die Wiederkehr neuer Wiederholungen nach eingeschobenen Pausen das allmähliche Schwinden der gestifteten Assoziationen, das Vergessen, wesentlich verlangsamt, so daß die späteren Wiederholungen ihre einprägende Wirkung sozusagen auf einem immer höheren Niveau geltend machen. Oder aber die neuen Wiederholungen verhalten sich den im wesentlichen stets mit der gleichen Gesetz-

[1] Auch bei einem wesentlich anderen Vorgang, nämlich dem Wiedererkennen vorher aufgezeigter Zahlengruppen, fand Renther (Wundts Psychol. Stud. 1 S. 47), daß Zwischenzeiten von einigen Minuten zwischen den einzelnen Darbietungen vorteilhafter wirken als kürzere Zwischenzeiten oder unmittelbare Aufeinanderfolge mehrerer Darbietungen. Eine Ausdehnung dieser Zwischenzeiten auf 5 oder 10 Minuten erwies sich dann aber schon wieder als unvorteilhaft. Offenbar können diese Befunde mit den oben besprochenen gar nicht direkt verglichen werden, obwohl es mir wahrscheinlich ist, daß auch bei der Erlernung von Stoffen behufs späterer aktiver Wiedergabe der Vorteil einer Verteilung der Wiederholungen nicht über alle Grenzen hinaus bestehen bleiben wird.

mäßigkeit absinkenden Assoziationen gegenüber anders je nach deren Alter: sie haben für ältere Assoziationen einen höheren Einprägungswert als für junge, eben erst gestiftete. Jost machte die zweite dieser Annahmen und stützte sie durch folgende Versuche. Er ließ gleichartige Silbenreihen zum Teil durch wenige Wiederholungen und also nur schwach, zum Teil durch sehr zahlreiche Wiederholungen und also verhältnismäßig stark einprägen. Dann untersuchte er die schwach assoziierten Reihen kurz nach ihrer Einprägung, die stark assoziierten 24 Stunden später, und zwar beide Male teils nach dem Treffer-, teils nach dem Ersparnisverfahren. Dabei ergab sich das merkwürdige Resultat, daß die bald nach ihrer flüchtigen Einprägung geprüften jungen Reihen verhältnismäßig dreimal soviel Treffer lieferten als die älteren Reihen, bei ihrem Auswendiglernen aber beinahe soviel Wiederholungen erforderten wie ganz unbekannte Reihen, daß dagegen die älteren Reihen bei soviel geringerer Trefferzahl schon mit etwa halb soviel Wiederholungen gelernt wurden wie neue Reihen. Mit gelegentlichen Erfahrungen des täglichen Lebens befindet sich dieses Ergebnis in gutem Einklang. Man denke sich, man habe ein kleines Gedicht, zu dessen Auswendiglernen etwa ein Dutzend Wiederholungen nötig sein würden, 2- bis 3 mal durchgelesen. Dann wird man unmittelbar nachher über eine Menge von Einzelheiten, nach denen man gefragt wird, Auskunft zu geben vermögen, aber an der Möglichkeit einer freien Reproduktion fehlt doch noch viel. In einem anderen Falle habe man ein solches Gedicht tatsächlich auswendig gelernt, aber hinterher einige Zeit hindurch sich nicht mehr vergegenwärtigt. Dann wird man bei einem Reproduktionsversuch überall stocken, an zahlreichen Stellen weiß man nicht mehr genau, wie es weiter geht, aber nach wenigen Wiederholungen des Ganzen sind alle Schäden ausgebessert und ein erneutes freies Hersagen möglich. Man kann also von einem unvollkommen eingeprägten Stoff verhältnismäßig viele Einzelheiten wissen, dabei aber von seiner Beherrschung im Ganzen noch weit entfernt sein, oder auch umgekehrt ihn beinahe im Ganzen beherrschen, ohne doch gerade zahlreiche Einzelheiten bestimmt angeben zu können. Nach den angeführten Beobachtungen ist das erste bei vergleichsweise jungen, das zweite bei vergleichsweise alten Assoziationen der Fall. Denkt man sich, man könne von beiden gleichviele Einzelheiten reproduzieren (oder, was vermutlich auf dasselbe hinauskommt, man erhielte von beiden gleichviele Treffer), so würden mithin bei den alt assoziierten Reihen weit weniger Wiederholungen bis zu einer vollständigen Einprägung erforderlich sein als bei den jung assoziierten. Und somit stellt Jost den Satz auf: sind zwei assoziierte Reihen von verschiedenem Alter, aber von gleicher

Stärke (d. h. ergeben sie bei entsprechender Untersuchung gleichviele Treffer), so hat eine Neuwiederholung für die ältere Reihe den größeren Wert. Der Vorteil, der mit der größeren Verteilung einer gegebenen Gesamtzahl von Wiederholungen verbunden ist, würde hiernach also darauf beruhen, daß ihre einprägende Kraft dabei vorwiegend älteren Assoziationen zugute kommt. Auf die sich sogleich erhebende Frage, worin denn nun wohl dieser Vorzug älterer Reihen weiter seinen Grund habe, komme ich noch zurück (S. 682).

Der Instinkt der Praxis hat den Wert der Verteilung von Wiederholungen für die Bildung und Festigung von Assoziationen bekanntlich längst herausgefunden. Jeder Schüler weiß, daß es unvorteilhaft ist, das Auswendigwissen seiner Regeln und Gedichte durch gehäufte Wiederholungen am Abend erzwingen zu wollen, dagegen sehr vorteilhaft, sie am nächsten Morgen noch einige Male zu überlesen. Kein verständiger Lehrer verteilt das Klassenpensum gleichmäßig über die ganze dafür zur Verfügung stehende Zeit; er setzt von vornherein einige Wochen für ein- oder zweimalige Wiederholung beiseite. Aber die experimentelle Untersuchung des Gegenstandes ist deshalb nicht von geringerer Bedeutung. Sie lehrt erstens, daß jener Vorteil späterer Wiederholungen nicht etwa wesentlich darin besteht, daß durch sie der Moment der letzten Einprägung dem Moment, wo die Kenntnis des Eingeprägten gefordert wird, näher rückt, sondern daß hier in der Hauptsache eine eigentümliche Kraft der bloßen Einschiebung von Zwischenzeiten in die Beschäftigung mit einem Gegenstande vorliegt. Und sie lehrt zweitens, daß wir es in dieser Kraft mit einer fundamentalen und überall durchdringenden Gesetzmäßigkeit zu tun haben, deren systematische Berücksichtigung (nach genauerer Kenntnis ihrer Wirkungsweise natürlich) in viel höherem Maße als bisher erforderlich ist.

5. Hauptassoziationen und Nebenassoziationen.[1] Wenn man die Vorführung einer Mehrheit aufeinander folgender Eindrücke verlangsamt oder sonst so einrichtet, daß die einzelnen Glieder durch deutliche Pausen voneinander geschieden werden, so prägt sich ihre Reihenfolge gleichwohl dem Gedächtnisse ein, wie z. B. daraus klar ist, daß man auch langsam vorgesprochene Sätze wiederholen oder eine mit Unterbrechungen vorgezeigte Reihe von Projektionsbildern behalten kann. Es fragt sich, wie das möglich ist. Geht die assoziative Verknüpfung seelischer Gebilde auch über leere Zwischenzeiten hinweg? Oder vielmehr, da die Zwischenzeiten ja doch für die Seele nicht

[1] Ebbinghaus, a. a. O. § 35 ff. Müller u. Schumann, a. a. O. § 8—14. Müller u. Pilzecker, a. a. O. § 41, 43 u. 44.

eigentlich leer, sondern nur mit anderen Sinneseindrücken oder Gedanken ausgefüllt sind, haben sich die Assoziationen, durch welche zeitlich getrennt vorgeführte Gebilde nachher zusammenhängen, über die sie trennenden Zwischenglieder hinweg gebildet? Oder sind sie allemal durch die Zwischenglieder hindurchgegangen und bestehen nur durch deren Vermittlung, sodaß also das ursprüngliche Zustandekommen einer assoziativen Verbindung stets an die Gleichzeitigkeit oder unmittelbare Aufeinanderfolge ihrer Glieder gebunden wäre? Die Verhältnisse des praktischen Lebens geben kaum Anlaß, diese Frage aufzuwerfen, obwohl sie, wie wir sehen werden, für das Verständnis mancher Erscheinungen von großer Bedeutung ist; noch weniger gewähren sie eine sichere Handhabe zu ihrer Beantwortung. In der älteren Literatur findet man daher bei den Wenigen, die hier überhaupt ein Problem sahen, ohne recht erkennbare Gründe bald die eine bald die andere der eben gegebenen Antworten bevorzugt.

Eine Entscheidung gibt das Experiment. Man denke sich sinnlose Silben oder zusammenhanglose Worte erst in einer bestimmten Anordnung zu Reihen zusammengestellt. Dann seien aus diesen ersten Reihen andere von gleicher Länge so gebildet, daß die an den geraden oder ungeraden Stellen der ursprünglichen Reihen befindlichen Glieder weggelassen oder auch durch beliebige neue Zwischenglieder ersetzt werden. Entspricht z. B. den ursprünglichen Reihen das Schema $I_1\ I_2\ I_3\ I_4 \ldots$ und $II_1\ II_2\ II_3 \ldots$, so haben die abgeleiteten Reihen u. a. die Gestalt $I_1\ I_3\ I_5 \ldots\ II_1\ II_3 \ldots$ oder auch $I_1 n\ I_3 n\ I_5 n \ldots$, wo n ein beliebiges neues Reihenglied bedeutet. Findet nun eine assoziative Verknüpfung nur zwischen unmittelbar aufeinander folgenden Gliedern statt, so sind die abgeleiteten Reihen auch nach dem Erlernen der ursprünglichen so gut wie ganz unbekannt, denn die für sie durch die erste Einprägung gestifteten Assoziationen waren durch Zwischenglieder vermittelt, die jetzt nicht mehr vorhanden sind. Bilden sich dagegen direkte Assoziationen nicht nur von Glied zu Folgeglied, sondern auch über die Zwischenglieder hinweg, so sind die Glieder der neuen Reihen innerlich schon mit einer gewissen Stärke aneinander geknüpft, und ihre Folge muß somit etwas rascher zu erlernen sein als gleichlange ganz unbekannte Reihen. Die Versuche ergeben ausnahmslos eine solche Ersparnis.

Sie findet sich nicht etwa nur, wenn man die Reihen so vorführt, daß man mehrere Glieder gleichzeitig überblicken kann, wo dann der Einwand berechtigt ist, die räumlich getrennten Glieder seien doch von dem Auge gleichzeitig aufgenommen worden, sondern auch, wenn die einzelnen Reihenglieder streng isoliert dargeboten werden. Und sie ist ferner, wie entsprechende Kontrollversuche lehren,

ganz unabhängig davon, daß die Glieder der abgeleiteten Reihen als einzelne Elemente von den ursprünglichen Reihen her schon bekannt sind. Zu ihrer Erklärung bleibt allein die Annahme übrig, daß die Glieder einer wiederholt vorgeführten Reihe nicht nur durch Assoziationen der unmittelbaren, sondern auch durch solche *der mittelbaren Folge* miteinander verbunden werden. Natürlich aber bilden sich diese nicht etwa nur über einzelne Zwischenglieder hinweg, sondern auch über 2, 3 und mehr von ihnen, wenn auch mit rasch abnehmender Stärke. Eine als einzelnes Zwischenglied gezählte Silbe ist ja schon in Wahrheit nichts Einfaches, sondern enthält eine Mehrheit von locker verbundenen Elementen, und so wenig nun geringe derartige Mehrheiten der Bildung assoziativer Verbindungen über sie hinweg absolute Hindernisse entgegensetzen, so wenig tun es größere Mehrheiten.

Von vielleicht noch größerer Wichtigkeit für die Verwickelungen des Seelenlebens ist es sodann, daß sich assoziative Verbindungen auch nach rückwärts bilden *(rückläufige Assoziationen)*. Man vermag zwar eine in bestimmter Richtung eingeprägte Reihe im allgemeinen nicht ohne weiteres auch in umgekehrter Richtung zu reproduzieren, aber wenn man nach jener ersten Einprägung eine durch Umkehrung der ursprünglichen Gliederfolge hergestellte Reihe eigens lernen läßt, so erfordert dies eine erheblich geringere Anzahl von Wiederholungen als bei einer ganz neuen Reihe. Auch wenn bei den neuen Reihen nicht einfach die Gliederfolge umgekehrt, sondern außerdem noch je eine Zwischensilbe der ursprünglichen Reihen übersprungen wird, kann man noch eine gewisse Ersparnis konstatieren, sodaß also die rückläufigen Assoziationen ebensogut wie die vorwärtsläufigen nicht nur direkt, sondern auch über Zwischenglieder hinweg gebildet werden. Allerdings nehmen sie mit der Entfernung der Glieder sehr rasch an Festigkeit und damit an Bedeutung ab. Für die unmittelbar vorangehenden Glieder aber sind sie von relativ beträchtlicher Stärke, anscheinend stärker als die vorwärtsläufigen Assoziationen zu den zweitfolgenden Gliedern, und also überhaupt die stärksten Assoziationen nach denen, die zu den direkten Folgegliedern hinführen. Bei dem Erlernen von umgekehrten Reihen, die 24 Stunden vorher vorwärtsläufig gelernt worden waren, fand ich die Ersparnis an Wiederholungen noch reichlich $1/3$ so groß wie bei dem bloßen Wiedererlernen von unveränderten Reihen nach 24 Stunden.

Nach dem, was oben (S. 654f.) über die Bedeutung der Zugehörigkeit zu einem Ganzen gesagt wurde, wird man vermuten, daß auch die rückläufigen Assoziationen besonders stark sind zwischen Gliedern derselben Einheit. Daß dies tatsächlich der Fall ist, haben Müller

und Pilzecker festgestellt. Sie ließen sinnlose Silbenreihen in trochäischem Rhythmus bis zur ersten Reproduktion erlernen. Einige Minuten später zeigten sie dann der Versuchsperson bald betonte bald unbetonte Silben der eingeprägten Takte mit der Anweisung, dabei jedesmal die Silbe zu nennen, die ihr zunächst ins Bewußtsein komme. Bei dem Vorzeigen betonter Silben wurde, wie zu erwarten, ganz überwiegend die nächstfolgende unbetonte Silbe genannt, bei dem Vorzeigen unbetonter aber beinahe ebenso überwiegend nicht die Anfangssilbe des nächsten, sondern vielmehr die vorangegangene betonte Silbe desselben Trochäus.

Indes mit allen diesen Assoziationen der unmittelbaren und mittelbaren Folge, vorwärtsläufigen und rückläufigen Charakters ist die Gesamtheit der assoziativen Beziehungen, die bei dem Hindurchziehen von Vorstellungsreihen durch die Seele gestiftet werden, noch keineswegs erschöpft. Wie Müller und Schumann erkannt haben, bilden sich auch Assoziationen zwischen den einzelnen Gliedern oder Takten einer eingeprägten Reihe und dem Bewußtsein der absoluten Stelle, die sie innerhalb ihres kleineren oder größeren Ganzen einnehmen. Die Versuchspersonen erinnern sich z. B. direkt bei der Vorzeigung einzelner Silben, an welchen Stellen diese vorher gestanden haben, oder auch, daß sie an bestimmten Stellen nicht gestanden haben. Oder sie verwechseln beim Hersagen Silben miteinander, die die gleichen Stellen in verschiedenen Reihen inne hatten. Oder endlich sie reproduzieren Silben, die bei der Einprägung nicht auf die ihnen vorgezeigten, sondern auf stellengleiche Silben anderer Reihen gefolgt waren. Diese *Stellenassoziationen* beruhen zum Teil auf abstrakt-numerischen Vorstellungen; man weiß z. B., daß das betreffende Reihenglied das drittletzte war, oder daß es in der ersten Hälfte der Reihe vorkam. Sehr häufig sind sie räumlich fundiert, wenn nämlich die verschiedenen Reihenglieder auch durch räumliche Unterschiede charakterisiert werden; man weiß dann etwa, daß ein Reihenglied links neben der Mitte oder so und so weit vom Anfang entfernt gestanden hat, oder diese Umstände erweisen sich als wirksam auch ohne ein bewußtes Wissen von ihnen. Sie können aber auch eine akustische Grundlage haben, wenn die Reihen regelmäßig mit einem bestimmten Tonfall gelesen werden usw.

Aus dem Bereich der Beziehungen, die für eine vorgeführte Reihe als wesentlich und durch die besondere Beschaffenheit ihrer Glieder bedingt gelten müssen, führen solche Assoziationen mithin ganz hinaus; die Reihenglieder werden nicht nur mannigfach untereinander, sondern auch mit zufälligen und in gewisser Hinsicht für sie völlig belanglosen Nebenumständen assoziativ verbunden. Aber

offenbar ist hier überhaupt keine Grenze zu ziehen. Ist es einmal eine Eigentümlichkeit der Seele, daß die sie annähernd zu der gleichen Zeit erfüllenden Eindrücke und Erlebnisse eine engere Verbindung miteinander eingehen, derzufolge sie nachher einander zu reproduzieren vermögen, und verknüpfen sich demnach die einzelnen Reihenglieder mit dem Ort, den sie zufällig auf einem Papierstreifen einnehmen, mit der Betonungsart, die ihnen zufällig beim Aussprechen zuteil wird, so verknüpfen sie sich auch mit dem Tisch, auf dem sie mir zufällig vorgeführt werden, mit der Körperhaltung, die ich gerade dabei einnehme, mit den Zimmerwänden, soweit sie seelisch für mich von Bedeutung sind, mit den Gedanken, die mir gerade durch den Kopf gehen, usw. Viele von diesen Nebenumständen sind für zahlreiche Reihenglieder unverändert dieselben — die Gesamtumgebung bei längeren Versuchsreihen z. B. wird man möglichst gleich zu halten bestrebt sein —, und soweit es der Fall ist, können sie natürlich für die einzelnen Reihenglieder keine charakteristische Bedeutung gewinnen. Aber vieles läßt sich auf keine Weise auch nur für kurze Zeit konstant halten. In derselben Umgebung zieht bald dieser, bald jener Gegenstand die Aufmerksamkeit etwas stärker auf sich; vor allem sind es die Gedanken, die durch die einzelnen Reihenglieder selbst geweckt werden, welche fortwährend wechseln. Wenn sie auch nur flüchtig und unbestimmt anklingen, so erteilen sie doch stets dem sie weckenden Reihenglied, mit dem sie sich bei seiner Wiederkehr immer enger verbinden, eine eigenartige und es von anderen unterscheidende Färbung.

Die assoziativen Beziehungen, in die die verschiedenen Glieder einer Reihe seelischer Gebilde verflochten werden, sind also, alles in allem genommen, außerordentlich zahlreich und mannigfach. Daß von diesem Reichtum direkt im allgemeinen so wenig zum Bewußtsein kommt, liegt daran, daß von jenen verschiedenartigen Verknüpfungen eine einzelne Gruppe alle anderen bei weitem an Stärke übertrifft. Das sind die Assoziationen, die innerhalb der in den Vordergrund des Bewußtseins tretenden Glieder jedes Glied mit seinem unmittelbaren Folgeglied verbinden. Wir wollen sie als *Hauptassoziationen* bezeichnen und die Gesamtheit der übrigen als *Nebenassoziationen* zusammenfassen. Zu bewußten Reproduktionen führen eben wegen ihrer überwiegenden Stärke zumeist nur jene, und aus diesem Grunde sind sie von der bisherigen Assoziationslehre fast ausschließlich beachtet worden. Aber wie sich schon darin zeigte, daß wir die Nebenassoziationen durch geeignete Mittel als tatsächlich vorhanden nachweisen konnten, entfalten auch sie unter Umständen deutlich hervortretende Wirkungen, und wir werden noch sehen, daß

einige sehr wichtige Erscheinungen wahrscheinlich auf sie zurückzuführen sind.

6. Aufmerksamkeit und Interesse. Es wäre kaum möglich gewesen, die Erwähnung dieser wichtigen Faktoren für die Bildung von Assoziationen so lange zurückzustellen, wenn man nicht annehmen dürfte, daß ihnen, soweit sie in dem bisherigen in Frage kamen, jeder doch stillschweigend Rechnung tragen würde. Daß es bei dem Sammeln von Erfahrungen und dem Einprägen von Gedächtnisstoffen einesteils auf genügende Häufigkeit der Wiederholungen ankommt, daneben aber sehr wesentlich darauf, daß man mit seinen Gedanken bei der Sache ist, daß die Aufmerksamkeit den vorgeführten Dingen zugewandt und auf sie konzentriert wird, sind so handgreifliche Tatsachen, daß sie jedermann vollkommen geläufig sind. Dabei erscheint die Aufmerksamkeit in gewisser Hinsicht sogar als der wesentlichere Faktor, insofern sich durch ihre gesteigerte Anspannung die Wirkung zahlreicher Wiederholungen vollkommen ersetzen läßt, während dagegen der Mangel einer genügenden Konzentration, wenigstens bei größeren Gruppen oder längeren Reihen von Eindrücken, oft durch keine noch so starke Häufung gedankenloser Wiederholungen eingebracht werden kann.

Die Ursachen, die das Aufmerksamsein, d. h. das energische Hervortreten von Empfindungen oder Vorstellungen im Bewußtsein bewirken (§ 57), begünstigen also damit zugleich auch das Zustandekommen oder die weitere Befestigung assoziativer Verbindungen zwischen ihnen. So z. B. die Stärke von Eindrücken. Allerdings, wenn sich laut und mit starker Betonung gesprochene Worte dem Gedächtnis fester einprägen als im Gesprächston geäußerte, so spielt dabei noch ein anderes Moment mit, nämlich die Gefühlswirkung, die sie hervorrufen. Aber wenn z. B. Müller und Schumann bei ihren Versuchen über Assoziationen der mittelbaren Folge (S. 662) fanden, daß sich die betonten Glieder einer in trochäischem Rhythmus gelernten Silbenreihe bedeutend fester über die Zwischenglieder hinweg miteinander assoziieren als die unbetonten Glieder, so wird man kaum an etwas anderes denken können als an eine auf größerer Stärke der Eindrücke beruhende Aufmerksamkeitswirkung. Vor allem ist die Gefühlsbetonung und das mit ihr zusammenhängende Interesse hier von Bedeutung. Stark lustvolle oder unlustvolle Erlebnisse graben sich sozusagen unauslöschlich fest ein und werden oft noch nach Jahren mit großer Treue erinnert. Man behält mühelos, wofür man sich interessiert, das andere gleitet ab mit verwunderlicher Leichtigkeit, namentlich in reiferen Jahren, wo durch vielfache Ver-

zweigung der Interessen die geistige Belastung eine sehr große geworden ist. Auch in den kleinsten Dingen verhält es sich so. Beim Lernen sinnloser Silben oder zusammenhangloser Worte werden die aus irgend einem Grunde auffallenden, z. B. die komisch klingenden oder die seltsamen und seltenen, Glieder vorwiegend behalten.

Dabei aber besteht ein wichtiger Unterschied hinsichtlich der beiden Arten des Gefühls. Die assoziierende Kraft einer lustvollen Gefühlsbetonung muß als entschieden größer betrachtet werden als die einer unlustvollen. Bei dem gleichzeitigen Vorhandensein einer Mehrheit von Empfindungs- oder Vorstellungsursachen setzen zwar, wie wir sahen (S. 602), sowohl diejenigen, die eine lustvolle, wie diejenigen, die eine unlustvolle Wirkung haben, diese für das Bewußtsein besonders leicht durch. Aber bei den Verbindungen, die nun das in der Seele infolge seines Gefühlswertes Hervortretende untereinander und mit seiner Umgebung eingeht, und bei den auf diesen Verbindungen beruhenden Reproduktionen sind durchaus die lustvollen Erlebnisse bevorzugt. „Hoffnung und Erinnerung“, sagt Jean Paul, „sind Rosen von einem Stamme mit der Wirklichkeit, nur ohne Dornen.“ Die Dornen, die da alle sehr stark empfunden wurden, als sie stachen, und die auch wohl sehr lange und sehr häufig nachschmerzen mögen, entsprechend der Stärke der Verwundungen, werden doch allmählich immer schwächer reproduziert. Und die Zukunft wird immer wieder, allen Enttäuschungen zum Trotz, nicht auf Grund der zur Verfügung stehenden trüben und bitteren, sondern vielmehr der erfreulichen und glänzenden Erfahrungen ausgemalt. Soweit die menschlichen Gedanken von einem bestimmten Ausgangspunkte aus die Wahl haben, bevorzugen sie die Richtung auf das Lustvolle. Die Möglichkeit verschiedener Wege ist ihnen immer nur gegeben durch frühere Erfahrungen und die hierdurch gestifteten Assoziationen, aber welchen Weg sie einschlagen, bestimmt sich unter sonst gleichen Umständen durch den größeren Lustwert der einzelnen Bahnen. Die versöhnende, alle Wunden heilende Macht der Zeit und die Vorstellungen jeder älteren Generation von „der guten alten Zeit“ hängen u. a. hiermit zusammen.

Unbeschadet der großen Bedeutung der Aufmerksamkeit für die Bildung von Assoziationen ist sie indes hierfür doch keine unerläßliche Bedingung. Wenn die Glieder einer mehrfach wiederholten Silbenreihe sich u. a. mit dem Bewußtsein der Stelle assoziieren, die sie räumlich oder numerisch in der Reihe einnehmen, und zwar so fest assoziieren, daß sie hinterher diese Stellenvorstellungen direkt zu reproduzieren vermögen, so kann kein Zweifel sein, daß dabei die Aufmerksamkeit nicht nennenswert beteiligt ist. Man ist vielmehr oft überrascht, daß sich solche und andere Nebenumstände, auf die man

sicher ist, nicht geachtet zu haben, gleichwohl so fest einprägen konnten. Aber die Möglichkeit solcher Assoziationen des Unbeachteten scheint noch weiter zu gehen: es scheinen sich Assoziationen sogar zwischen Vorstellungen bilden oder doch befestigen zu können, die überhaupt gar nicht ins Bewußtsein getreten sind, sondern die nur durch andere mit ihnen verbundene Vorstellungen dem Bewußtwerden nahegebracht und in einer bestimmten Ordnung in hohe Bereitschaft versetzt wurden. Natürlich handelt es sich dabei nicht mehr um Assoziationen von solcher Stärke, daß sie sich gelegentlich durch eine direkte Reproduktion bekunden könnten, sondern lediglich um schwache und nur indirekt nachweisbare Spuren, die aber doch um ihres theoretischen Interesses willen in Betracht kommen.[1]

Nach dem Erlernen von einigen Silbenreihen der Schemata

$$I_1\ I_2\ I_3 \ldots I_{16} \text{ und } II_1\ II_2\ II_3 \ldots II_{16}$$

lernte ich 24 Stunden später neue, durch Umstellung aus jenen gewonnene Reihen dieser beiden Formen:

$$a)\ I_1\ I_3\ I_5 \ldots I_{15}\ II_1\ II_3 \ldots II_{15}$$
$$b)\ I_2\ I_4\ I_6 \ldots I_{16}\ II_2\ II_4 \ldots II_{16}.$$

Es waren also erst die sämtlichen an ungeraden Stellen und danach die sämtlichen an geraden Stellen zweier Vorreihen stehenden Glieder zu neuen Reihen vereinigt worden. Bei dem Lernen dieser Umstellungsreihen zeigte sich nun, daß die Reihen des Schemas *b*, deren jede stets unmittelbar nach der ihr zugehörigen Reihe des Schemas *a* erlernt wurde, durchschnittlich einen etwas geringeren Arbeitsaufwand beanspruchten, als wenn sie mit den Reihen *a* völlig gleichwertig gewesen wären. Es liegt offenbar nahe, dies darauf zurückzuführen, daß die Silben von *b*, die bei den ursprünglich erlernten Vorreihen zwischen die Silben von *a* eingeschaltet waren, durch das unmittelbar vorangehende Lernen von *a* zwar nicht bewußt reproduziert, aber doch irgendwie erregt und in der richtigen Ordnung in Bereitschaft versetzt werden, daß sich dadurch die von den Vorreihen her zwischen ihnen bestehenden Assoziationen der mittelbaren Folge etwas verstärken, und somit die gleich darauf folgende Erlernung der Reihen etwas erleichtert wird. Sehr zahlreiche Untersuchungen unter scharfsinniger Ausschließung anderer Erklärungsmöglichkeiten haben dann Müller und Schumann der Frage gewidmet und sind dabei zu dem gleichen Resultat gelangt. Bei Reihen, die in ähnlicher Weise wie oben die Schemata *a* und *b* aus vorher eingeprägten Reihen abgeleitet waren, bewirkte das Lernen der Reihen *a* durchweg eine gewisse Ersparnis für das unmittelbar folgende Erlernen der Reihen *b*. Die

[1] Ebbinghaus, a. a. O. § 42. Müller u. Schumann, a. a. O. § 13.

Ersparnis war klein, sie betrug im Durchschnitt nur 4%. Aber da sie bei zwei voneinander ganz unabhängigen Versuchsreihen und auch bei verschiedener Gruppierung der Versuchsresultate immer in dem gleichen Sinne wiederkehrte, scheint ihr doch eine reale Grundlage zuzukommen. Es muß mithin als wahrscheinlich betrachtet werden, daß geringgradige und flüchtige Assoziationen sogar im Unbewußten zustande kommen, zwischen Vorstellungen, denen sozusagen gar keine Aufmerksamkeit mehr zugewandt ist, sofern sie nur durch andere Vorstellungen in Bereitschaft gebracht werden.

7. Lernen im Ganzen und Lernen in Teilen.[1] Fordert man jemand auf, eine längere Strophe eines Gedichtes oder ein größeres Prosastück auswendig zu lernen und überläßt ihn dabei sich selbst, so wird er nicht das Ganze auf einmal vornehmen, sondern es in Teile zerlegen. Er lernt z. B. erst einen Satz, dann den nächsten, dann beide in Verbindung miteinander, oder erst zwei Zeilen einer Strophe, dann die nächsten beiden usf., wobei in der Regel die ersten Teile durch häufigere Wiederholungen etwas begünstigt, die späteren dagegen nur flüchtig eingeprägt werden. Bei der Erlernung von Silben- oder anderen Reihen behufs näherer Untersuchung des Gedächtnisses ist dieses Verfahren natürlich auch anwendbar, aber es empfiehlt sich in der Regel nicht; denn da die einzelnen Teile meist verschieden häufig wiederholt werden müssen, so läßt sich eine bestimmte Zahl von Wiederholungen für die Erlernung des Ganzen, auf die es vielfach doch ankommt, damit nicht leicht gewinnen. Man veranlaßt also die Versuchspersonen, nicht in Teilen, sondern im Ganzen zu lernen, d. h. jede einzelne Wiederholung immer vollständig von Anfang bis zu Ende durchgehen zu lassen. Sie empfinden das leicht als eine unbillige Zumutung und als eine Erschwerung der ohnedies wenig anziehenden Aufgabe. Es fragt sich, ob diese Meinung berechtigt ist.

Für einen bestimmten Fall gewiß. Wenn die zu lernenden Stoffe einzelne besonders schwierige Stellen enthalten, so entfallen durch das Lernen im Ganzen zu viele Wiederholungen auf die minder schwierigen Partien, die für das zu erreichende Ziel überflüssig sind. Es ist klare Zeitverschwendung, um eines einzelnen sehr schwierigen

[1] Lottie Steffens, Experimentelle Beiträge zur Lehre vom ökonomischen Lernen. Zeitschr. für Psychol. **22** S. 321; 1900. Larguier des Bancels, Sur les méthodes de mémorisation. Année psychol. **8** S. 185; 1902. Meumann, Über Ökonomie und Technik des Lernens. Sonderdruck aus Deutsche Schule 7: 1903. Pentschew, Untersuchungen zur Ökonomie und Technik des Lernens. Archiv f. d. ges. Psychol. **1** S. 417; 1903. Ephrussi, Experimentelle Beiträge zur Lehre vom Gedächtnis. Zeitschr. f. Psychol. **37** S. 56; 1905.

Laufes willen ein Musikstück immer von Anfang bis zu Ende durchzuspielen. Aber abgesehen von diesem besonderen Fall und für annähernd gleichmäßige Stoffe trifft jene Meinung, wie vielfache neuere Untersuchungen lehren, nicht das Richtige. Die Einprägung eines Stoffes wird vielmehr durchweg und für die verschiedensten Individuen durch Lernen im Ganzen (*G*-Methode) mit weniger Wiederholungen (und also bei gleicher Lesegeschwindigkeit auch in kürzerer Zeit) erreicht als durch Zerlegung in Teile und deren nachträgliche Zusammenschweißung (*T*-Methode). Zwar erfordert das Lernen im Ganzen bisweilen, wenn nämlich eine Reihe doch einmal eine einzelne größere Schwierigkeit enthält, besonders große Lernzeiten, aber dafür liefert es in anderen Fällen auch wieder viel kleinere Zeiten, als sie bei dem stückweisen Lernen je vorkommen, und im ganzen kompensieren sich die nach oben und nach unten weiter auseinander gehenden Zahlen zu kleineren Durchschnittswerten als bei dem gewöhnlichen Verfahren. Der Vorteil ist anscheinend um so größer, je größer das Ganze ist, auf dessen Einprägung es ankommt, und umgekehrt also die Unzweckmäßigkeit des Lernens in Teilen um so größer, in je mehr Stücke der Stoff zerlegt wird. Noch bei 5 achtzeiligen Strophen hat man festgestellt, daß sie im Ganzen mit weniger Wiederholungen erlernt wurden als durch isoliertes Lernen der einzelnen Strophen und ihre darauffolgende Vereinigung. Auch für das spätere Behalten ist das *G*-Verfahren im Vorteil; die nach ihm eingeprägten Stoffe werden hinterher leichter wiedererlernt und sicherer reproduziert als die nach dem *T*-Verfahren gelernten.

Nur zwei Einschränkungen sind zu machen. Sehr ungeläufige Stoffe (z. B. Worte einer fremden Sprache, sinnlose Silben) werden unter Umständen vorteilhafter in Teilen als im Ganzen gelernt. Namentlich bei Kindern ist dies der Fall, denen ja das dem Erwachsenen Ungeläufige noch viel weniger vertraut zu sein pflegt. Bei ungewohnten Stoffen werden, wie die unmittelbare Beobachtung jeden lehrt, erst einige Wiederholungen vorwiegend auf die Geläufigmachung der Elemente verwandt, ehe die Einprägung ihres Zusammenhangs beginnt, und daß es hierfür nun zweckmäßiger ist, wenn die Wiederholungen für kleinere Abschnitte des Stoffes unmittelbar aufeinander folgen, als wenn sie durch das vollständige Lesen des Ganzen weiter auseinander rücken, ist wohl verständlich. Die Vorteile des Lernens im Ganzen treten daher vor allem bei sinnvollen Stoffen deutlich zutage, um die es sich ja in der Praxis des Lebens zumeist handelt. Die zweite Einschränkung ist diese. Wenn es nicht auf die zusammenhängende Wiedergabe eines Stoffes, sondern auf die Ein-

prägung seiner Glieder in Paaren oder kleineren Gruppen ankommt und dabei zugleich die Glieder solcher Gruppen nicht nur in der ursprünglich erlernten, sondern auch in der umgekehrten Ordnung einander reproduzieren sollen (wie bei Vokabeln und Jahreszahlen), dann ist ebenfalls (wenigstens für diese rückläufigen Reproduktionen) das Lernen in Teilen vorteilhafter. Durch das Lernen im Ganzen wird hier ein Zusammenhang hergestellt, der gar nicht beabsichtigt ist und dessen Lockerung, wie bekannt, hinterher oft eine erhebliche Arbeit nötig macht.

Die Gründe für diese Überlegenheit des Lernens im Ganzen werden im wesentlichen die folgenden beiden sein. 1) Durch das Lernen in Teilen werden zunächst zahlreiche für den gewollten Zweck ganz überflüssige, ja direkt schädliche Assoziationen gestiftet, die hinterher erst wieder beseitigt und durch andere ersetzt werden müssen. Das Ende jedes Teilstücks wird mehrfach nicht, wie die gestellte Aufgabe fordert, an den Anfang des nächsten Stückes, sondern an seinen eigenen Anfang geknüpft und nun in dieser Verbindung durch die oben erwähnten Assoziationen der unmittelbaren und der mittelbaren Folge sowie durch Stellenassoziationen befestigt. Zugleich wird auch der einheitliche Zusammenhang des Ganzen fortwährend zerrissen und gelangt nicht genügend zur Wirkung. Durch einige spätere Wiederholungen müssen alle jene nichtgewollten Verbindungen, die sich doch dauernd durch das bekannte Stocken an den Anfängen der ganzen und halben Strophen verraten, eigens wieder überwunden und durch die für die Reproduktion in Betracht kommenden ersetzt werden. Bei dem Lernen im Ganzen kommt alle überflüssige Arbeit in Wegfall; alle Teile werden durchweg genau in den Beziehungen der Aufeinanderfolge, der absoluten Stelle, des Sinnes eingeprägt, in denen ihre Reproduktion schließlich erfolgen soll. Es kann nicht wundernehmen, daß auf solche Weise das Ziel leichter erreicht wird. 2) Bei mehrfacher Wiederholung kleinerer Teilstücke eines Stoffes läßt die Aufmerksamkeit leicht nach; der Lernende kommt bei den späteren Wiederholungen in ein mechanisches „Leiern", er läßt sich gehen. Bei der Einprägung eines größeren Ganzen dagegen bleibt die Aufmerksamkeit anhaltender gespannt; die Leistung ist schwieriger und ruft daher eine stärkere Konzentration hervor. In der Regel kommt das den Lernenden unmittelbar zum Bewußtsein: sie fühlen sich angestrengter und ermüdeter bei dem Lernen im Ganzen als bei dem in Teilen. Das bessere Resultat wird also zum Teil auch erzielt durch einen größeren Energieaufwand, wodurch dann freilich für einen allgemeineren Standpunkt die größere Zweckmäßigkeit des Lernens im Ganzen wieder etwas eingeschränkt wird.

8. Geschwindigkeit des Lernens.[1] Den Mängeln ihres häuslichen Fleißes suchen Schüler bekanntlich mit Vorliebe in den Pausen zwischen den Unterrichtsstunden abzuhelfen, wenn ihnen dazu Gelegenheit gelassen wird. Sie durchjagen dann die zu erlernenden Vokabeln, Gedichte, Regeln mit fieberhafter Eile, so schnell wie die Leistungsfähigkeit der Sprachorgane und der Aufmerksamkeit nur irgend gestattet. Offenbar ist diese große Geschwindigkeit insofern ganz zweckmäßig, als dadurch in der gegebenen kurzen Zeit mehr Wiederholungen möglich werden. Aber das Lernen ist dabei ein ganz „mechanisches", wie man sagt, und es kann zweifelhaft erscheinen, ob es nicht vorteilhafter wäre, dem Inhalt des Gelesenen größere Beachtung zu schenken, wie es bei dem Lernen zu Hause ja meist geschieht. Ich habe der Frage einige Untersuchungen mit zusammenhanglosen Wortreihen und einem größeren Stück der Schillerschen Übersetzung der Äneide gewidmet und dabei das Resultat erhalten, daß der Instinkt der Schüler durchaus das Richtige herausgefunden hat. Die größte Geschwindigkeit des Lernens erweist sich, bei mir wenigstens, durchweg als das Vorteilhafteste. Natürlich sind bei ihr absolut genommen mehr Wiederholungen erforderlich als bei geringeren Geschwindigkeiten, aber dieser Mehraufwand wird doch noch überwogen durch die geringere Zeitdauer der einzelnen Wiederholungen. Die Schillerschen Stanzen z. B. lernte ich mit vier verschiedenen Geschwindigkeiten, nämlich mit je

200 150 120 100 Jamben auf die Minute,

wobei auf den einzelnen Versfuß je

0,3 0,4 0,5 0,6 Sekunden

entfallen. Das Erlernen und erste fehlerfreie Hersagen einer Stanze erforderte dann durchschnittlich

138 148 160 183 Sekunden.

Jeder Verminderung der Geschwindigkeit entsprach also ganz regelmäßig eine Verlängerung der Lernzeit. Eine weitere Variierung der Geschwindigkeiten erschien überflüssig. Eine Steigerung über 200 Jamben hinaus ist kaum möglich, wenn die deutliche Artikulierung der Worte nicht Schaden leiden soll. Und daß die Geschwindigkeit 100 bereits unvorteilhaft langsam sein muß, verrät sich dem unmittelbaren Bewußtsein schon während des Lernens; die einzelnen Worte haben Zeit, allerlei abseits liegende Vorstellungen zu wecken; man fühlt sich zerstreut und neigt zu einer Beschleunigung des Tempos. So

[1] Ogden, Untersuchungen über den Einfluß des lauten Lesens auf das Erlernen und Behalten usw. Archiv f. d. ges. Psychol. 2 S. 93; 1904. Meumann, (s. S. 668 Anm.) S. 73. Ephrussi (s. S. 668 Anm.) S. 183.

hat denn auch die für die Geschwindigkeit 100 gefundene Lernzeit den größten Abstand von der nächst vorhergehenden in der ganzen Reihe.

Man wird nun denken, daß das schnelle Tempo vielleicht für die erste Einprägung einen Vorteil haben möge, daß aber das schnellst Gelernte auch wohl das schnellst Vergessene sein werde, und daß für ein dauerndes Behalten gewiß eine geringere Eile förderlicher sei. Diese Vermutung fand ich nicht bestätigt. Die mit verschiedenen Geschwindigkeiten vorgelernten Stanzen wiederholte ich 24 Stunden später, wieder bis zum ersten fehlerfreien Hersagen, diesmal aber alle mit derselben Geschwindigkeit, in dem für mich bequemen Tempo von 150 Jamben auf die Minute. Dabei brauchte ich für die mit den Geschwindigkeiten

	200	150	120	100	vorgelernten Reihen
für erneutes Lernen und Hersagen je	90	89	96	99	Sekunden.

Den geringen Differenzen dieser Zeiten kann bei der beschränkten Zahl meiner Versuche kein großer Wert beigelegt werden; sofern sie aber einen Wert haben, erscheint auch hier noch, für das Behalten, das Lernen mit den größeren Geschwindigkeiten als das Vorteilhafteste. Eine weitere Nachprüfung nach acht Tagen hatte das gleiche Ergebnis. Dagegen fand Ephrussi bei der Prüfung verschieden schnell gelernter Stoffe mittels des Trefferverfahrens, daß vielmehr die langsamen Lesegeschwindigkeiten größere Trefferzahlen lieferten als die schnellen.

Es wäre voreilig, den mitgeteilten Befund ohne weiteres für alle möglichen Stoffe und Individuen verallgemeinern zu wollen. Vielmehr kann man unschwer angeben, unter welchen Umständen er notwendig eine Einschränkung erleiden muß. Wenn es sich um sehr abstrakte Dinge handelt oder z. B. um Stoffe einer fremden Sprache, die man nicht vollkommen beherrscht; wird durch allzu schnelles Durchlesen das Verständnis beeinträchtigt; die Worte werden also, teilweise wenigstens, zusammenhanglos. Für sinnlose Stoffe aber ist, wie wir (S. 654) sahen, die Anzahl der zur Einprägung erforderlichen Wiederholungen so bedeutend größer als für sinnvolle, daß daneben die durch größere Geschwindigkeit zu erzielende Zeitersparnis nicht mehr ins Gewicht fällt. Das gleiche wird auch für sinnlose Stoffe gelten bei Geschwindigkeiten, die eine genügende Auffassung der ungewohnten, sie zusammensetzenden Elemente nicht mehr gestatten; es werden dann relativ zuviele Wiederholungen auf die bloße Geläufigmachung der Reihenglieder verwendet werden müssen (S. 669). Die Vorteile großer Lesegeschwindigkeit werden sich also nur bei

Stoffen zeigen können, die man geistig beherrscht, oder die doch, wenn sie einen sinnvollen Inhalt nicht haben, wenigstens in ihren Elementen genügend geläufig sind. Für alle anderen Fälle dagegen wird nicht die größtmögliche, sondern diejenige mittlere Geschwindigkeit die günstigste sein, die für das betreffende Individuum gerade noch ein Verständnis des einheitlichen Sinnes des Gelernten oder eine bequeme Auffassung seiner Elemente gestattet. Untersuchungen Ogdens, bei denen leider die Anzahl der an den einzelnen Personen angestellten Versuche nur gering war, geben im wesentlichen mit diesen Einschränkungen übereinstimmende Ergebnisse. Da nun aber die Vertrautheit mit einem Stoff und die Herrschaft über ihn während seiner Einprägung nicht konstant bleiben, sondern allmählich zunehmen, so ist es anscheinend das allervorteilhafteste (wie Meumann fand) mit allmählich wachsender Geschwindigkeit zu lernen. Übrigens wird noch zu vermuten sein, daß die großen Lerngeschwindigkeiten bei dauernder Innehaltung rascher ermüden als ein mäßigeres Tempo, und aus diesem Grunde verfällt man, wie unsere Schüler, wohl nur im Falle der Not auf sie. Personen, denen ich die Schillerschen Stanzen ohne besondere Anweisungen zur Einprägung vorlegte, wählten in der Regel eine Geschwindigkeit von 140—150 Jamben auf die Minute.

9. Individuelle Verschiedenheiten.[1] Daß die Gedächtnisleistungen verschiedener Individuen die größten Unterschiede zeigen, ist die alltäglichste Erfahrung jedes Schulkindes. Nicht selten begegnet man der Meinung, daß eben wegen dieser außerordentlichen Verschiedenheiten allgemein gültige Gesetzmäßigkeiten des Lernens und Behaltens gar nicht zu finden seien. Wie das bisher Mitgeteilte erkennen läßt, hat die experimentelle Forschung diese Meinung als ein unbegründetes Vorurteil nachgewiesen. Zugleich aber hat sie auch angefangen, einiges Licht über die hier bestehenden individuellen Besonderheiten zu verbreiten, und gezeigt, daß es sich dabei um ganz bestimmte und wohl charakterisierbare Unterschiede handelt. Hauptsächlich in dreifacher Hinsicht sind solche Typenverschiedenheiten bisher hervorgetreten und etwas genauer beobachtet worden.

1) Zunächst ist es die oben (S. 557) bereits erwähnte allgemeine Verschiedenheit des Vorstellens, die Bevorzugung entweder von Ge-

[1] J. Cohn, Experimentelle Untersuchungen über das Zusammenwirken des akustisch-motorischen und des visuellen Gedächtnisses. Zeitschr. f. Psychol. **15** S. 161. Hergehörige Ausführungen in vielen der oben genannten Arbeiten. Z. B. Müller und Schumann, a. a. O. S. 295; Müller und Pilzecker a. a. O. S. 267; Smith (S. 653 Anm.) S. 259; Meumann (S. 668 Anm.) S. 11; Pentschew (S. 668 Anm.) S. 434, 445, 462, 483; Odgen (S. 671 Anm.) S. 93; Ephrussi (S. 668 Anm.) S. 75.

sichts- oder Gehörs- oder kinästhetischen Vorstellungen bei verschiedenen Individuen, die hier von Wichtigkeit ist. Die verhältnismäßig seltenen Fälle einer hervorragenden einseitigen Gedächtnisbegabung, wie bei Malern, die nach wenigen Sitzungen ein Bildnis fertig zu malen vermögen, bei Musikern mit sogen. absolutem Tonbewußtsein, hängen mit ihr zusammen. Sie hat aber außerdem noch eine viel weiter reichende Bedeutung für das Lernen und Behalten im engeren Sinne, für das durch Wortvorstellungen vermittelte nämlich. Auch bei dem Denken von Worten finden wir bei verschiedenen Individuen jene typisch verschiedenen Weisen des innerlichen Anschauens, und zwar anscheinend ganz unabhängig von der Art, wie sie sich dem Vorstellen objektiver Gegenstände gegenüber verhalten. Einzelne bevorzugen den optischen Anteil der Wortvorstellungen; sie denken also Worte oder Zahlen vorwiegend in Gesichtsbildern gedruckter oder geschriebener Zeichen. Von anderen werden die Gehörsbilder bevorzugt und, wie es scheint, meist in Verbindung damit die Vorstellungen der zum Aussprechen der Worte erforderlichen Sprechbewegungen; sie hören die Worte also gedanklich und nehmen eine Art Ansatz zu ihrer tatsächlichen Hervorbringung. Man hat demnach, und zwar lediglich mit Rücksicht auf das Vorstellen sprachlicher Worte, einen visuellen und einen akustisch-motorischen Typus zu unterscheiden. Durch diese Verschiedenheit aber werden nun manche Besonderheiten der Gedächtnisleistung bedingt. Der akustisch-motorisch Lernende wird z. B. verhältnismäßig leicht gestört durch gleichzeitige Nebengeräusche oder durch eine Behinderung des lauten oder halblauten Lesens; der visuell Lernende ist davon unabhängiger. Eine übersichtliche räumliche Anordnung des einzuprägenden Stoffes bildet für den visuellen Typus eine große Unterstützung; für den akustisch-motorischen ist sie von geringerem Wert. Bei der Wiedergabe des Gelernten verwechselt der Visuelle leicht Buchstaben oder Worte, die ähnlich aussehen oder eine räumlich ähnliche Stellung haben, der Akustisch-Motorische leichter Elemente, die ähnlich klingen oder die gleiche Stelle in einem Takt einnehmen. Umgekehrt hält natürlich jeder Typus das für ihn vorwiegend Verschiedene auch besser auseinander; charakteristisch für den Akustiker scheint z. B. zu sein, daß er die Vokale besser behält als die Konsonanten. Ein ausgeprägt visuelles Gedächtnis befähigt dazu, einen aufgenommenen Stoff schnell auch in einer anderen als der eingelernten Ordnung zu reproduzieren, z. B. in umgekehrter Folge oder in vertikaler Anordnung, während für die Nichtvisuellen diese Leistung eine ziemlich schwierige ist.

2) Wenn man den Wert einer bestimmten geistigen Leistung bei

einem Individuum durch eine Zahl ausdrückt und dann eine von verschiedenen Individuen herrührende Mehrheit solcher Zahlen nach ihrer Größe ordnet, so findet man in der Regel dichteste Scharung der Zahlen um ihren Mittelwert und annähernde Verteilung der nach oben und unten davon abweichenden Werte nach dem Fehlergesetz (S. 84). So bei Sehschärfen, Hörschärfen, Unterschiedsempfindlichkeiten u. a. Mit der Lernfähigkeit verschiedener Individuen scheint es sich anders zu verhalten. Freilich gibt es auch hier zahlreiche Vertreter einer gewissen mittleren Befähigung, aber häufiger als sie scheinen die Angehörigen der Extreme vorzukommen: schnell lernende und langsam lernende Individuen. Abgesehen von allen, natürlich auch vorhandenen, Verschiedenheiten durch verschiedene Lernstoffe gehören die meisten daraufhin untersuchten Personen deutlich entweder zu dem einen oder dem anderen dieser beiden Typen. Die Unterschiede sind oft sehr beträchtlich; auch durch lange Übung werden sie zwar verringert, aber nicht völlig verwischt. Von zwei Versuchspersonen Meumanns z. B. lernte die eine eine 12gliedrige Reihe von sinnlosen Silben mit 56, die andere mit 18 Wiederholungen. Nach vierwöchentlicher Übung brauchte die erste Person zu der gleichen Leistung 25, die andere 6 Wiederholungen. Womit diese Verschiedenheit zusammenhängen mag, z. B. mit einer verschiedenen Art die Aufmerksamkeit zu konzentrieren und der gestellten Aufgabe anzupassen, oder mit einer verschiedenen Beteiligung von Nachdenken und Besinnen, möge dahingestellt bleiben; zum Teil ist sie sicherlich überhaupt nicht weiter auf anderes zurückführbar, sondern ursprünglich.

3) Bei dem Lernen sinnloser Silbenreihen tritt eine dritte typische Verschiedenheit hervor. Damit die Einprägung solcher Silben unter möglichst gleichen Bedingungen stattfinde, pflegt man den Versuchspersonen einzuschärfen, sich aller Erleichterungen des Lernens durch Gedächtnishilfen jeder Art zu enthalten, die Silben als bloße Buchstabenkombinationen aufzufassen und sie rein mechanisch, d. h. durch die bloße Kraft der wiederholten Vorführung ihrer Aufeinanderfolge, auswendig zu lernen. Zahlreiche Versuchspersonen können dieser Forderung ohne Schwierigkeit nachkommen, anderen ist es — zunächst wenigstens — kaum möglich. Ohne daß sie sich Mühe geben oder es auch nur wollen, fliegen ihnen fortwährend von einzelnen Silben allerlei Nebenvorstellungen an. Es fällt ihnen etwas dabei ein, und zwar bunt durcheinander das Allerverschiedenste: ein Gleichklang von Silben, Beziehungen von Buchstaben zueinander, ähnlich lautende sinnvolle Worte oder Namen von Personen, Tieren u. a., Bedeutungen in einer fremden Sprache usw. Vielfach bleiben diese

Einfälle je auf eine einzelne Silbe beschränkt und haben dann die Wirkung, sie vor den übrigen hervorzuheben und als einzelnes Element leichter merken zu lassen. So wird z. B. pek zu Peking ergänzt, kin zu Kind; sep erinnert an Josef, neis an das engliche nice, schuk an das französische choucroute. In zahlreichen anderen Fällen aber werden durch die Nebengedanken zwei oder mehrere Silben zu einer Einheit verbunden, was dann natürlich nicht nur das Behalten der einzelnen Silben, sondern auch ihre wechselseitige Reproduktion bedeutend erleichtert. Die Silben faak neit weckten z. B. bei einer Versuchsperson die Vorstellung Fahrenheit, jas dum bei einer anderen (durch Vermittelung des französischen jaser) die Vorstellung dummes Geschwätz; die Silbenfolge dosch päm feur löt wurde einmal zu dem Sätzchen verbunden: das Brot Feuer löscht. In bezug auf das seltenere oder häufigere Auftreten solcher Nebenvorstellungen und assoziativer Hilfen muß man also abermals zwei verschiedene Typen von Individuen anerkennen, die man mit Benutzung einer schon von Kant (Anthropologie § 32) gebrauchten Bezeichnung als die mechanisch und die ingeniös Lernenden unterschieden hat. Natürlich kann diese Verschiedenheit nicht nur für das Lernen sinnloser Silben bestehen. wo sie allerdings besonders deutlich hervortritt; sie wird auch sonst für das geistige Verhalten verschiedener Individuen, für die Beweglichkeit ihrer Gedanken sozusagen, charakteristisch sein. Unter Umständen freilich verwischt sich der Unterschied auch wieder. Bei großer Lesegeschwindigkeit eines sinnlosen Stoffes z. B. fallen Nebenvorstellungen auch für den ingeniösen Typus fast völlig fort, einfach weil für sie keine Zeit bleibt. Ferner werden sie mit zunehmender Übung der Versuchspersonen in der Regel immer seltener.

§ 62. Das Bestehen und Schwinden der Assoziationen (Behalten und Vergessen).

Bleiben durch Erfahrung oder absichtliches Lernen eingeprägte seelische Gebilde eine Weile sich selbst überlassen und werden dann ins Bewußtsein zurückgerufen, wofern das noch möglich ist, so zeigt sich, daß in der Zwischenzeit zweierlei mit ihnen vorgegangen ist. Erstens haben sich die einzelnen Glieder der eingeprägten Verbände allmählich verändert; die reproduzierten Vorstellungen entsprechen nicht mehr genau den ursprünglichen Erlebnissen, deren Stelle sie doch einnehmen. Und zweitens haben sich die zwischen ihnen gestifteten Assoziationen gelockert: die wechselseitigen Reproduktionen der Glieder geschehen nicht mehr so schnell und so sicher wie zu

Anfang; sie verwirren sich oder versagen auch gänzlich. Über beide Vorgänge haben wir einige nähere Kenntnisse.

1. Veränderungen der Einzelglieder.[1] Nichts ist bekannter, als daß die Gedächtnisbilder allmählich undeutlicher und verschwommener werden. Man erinnert sich, gestern einem Herrn mit einer auffallenden roten Weste begegnet zu sein; aber welches bestimmte Rot es war, ein mehr gelbliches oder mehr bläuliches, kann man nicht mehr genau angeben. Niemand wird neuen Stoff zu einem schon vorhandenen Kleide nach dem Gedächtnis einkaufen; er läuft Gefahr, innerhalb einer gewissen Breite fehlzugreifen. In bekannten Begriffen der Empfindungspsychologie ausgedrückt heißt das: vergleicht man gegenwärtige sinnliche Eindrücke mit gleichartigen Gedächtnisbildern, so wird der zum Bewußtsein der Verschiedenheit erforderliche ebenmerkliche Unterschied mit zunehmendem Alter der Gedächtnisbilder immer größer; ebenso wächst der bei Beurteilung dieser Verschiedenheit oder der Gleichheit begangene mittlere Fehler. Die ersten Stadien dieses Verwischungsprozesses, wie man ihn nennen kann, hat man in zahlreichen Untersuchungen und für die verschiedenartigsten Eindrücke zu verfolgen versucht. So verglich z. B. Wolfe Töne mittlerer Höhe unter Einschiebung verschiedener Zwischenzeiten mit Tönen von derselben oder einer um vier Einheiten verschiedenen Schwingungszahl und fand, daß nach 2 Sek. die objektive Gleichheit richtig erkannt wurde in 94 % der Fälle, nach 10 Sek. in 78 %, nach

[1] Hierher gehören zahlreiche, meist nach der Methode der Vergleichung angestellte Untersuchungen, die hier ihre eigentliche Stelle hat. Es wird genügen, einige zu nennen. Wolfe, Untersuchungen über das Tongedächtnis. Philos. Stud. 3 S. 534; 1886. A. Lehmann, Über Wiedererkennen. Ebda. 5 S. 115; 1889. Paneth, Versuche über den zeitlichen Verlauf des Gedächtnisbildes. Zentralbl. f. Physiol. 4 S. 81; 1890. Lewy, Experimentelle Untersuchungen über das Gedächtnis. Zeitschr. f. Psychol. 8 S. 231; 1895. von Tschisch, Über das Gedächtnis für Sinneswahrnehmungen. Bericht über d. III. Intern. Kongr. f. Psychol. 1896 S. 95. Angell (and Harwood), Discrimination of Clangs for Different Intervals of Time. Am. Journ. of Psychol. 11 S. 67, 12 S. 58; 1900. Angell, Discrimination of Shades of Gray for Different Intervals of Time. Philos. Stud. 19 S. 1; 1902. Whipple, The Process of Judgment in the Discrimination of Clangs and Tones. Am. Journ. of Psychol. 12 S. 409, 13 S. 219; 1901/2. — Weiteres in den S. 644 Anm. genannten Bibliographien von Kennedy und Reuther. Seltsamerweise haben viele der hierher gehörigen Autoren gar kein Bewußtsein davon, daß sie eine ganz andere Frage untersuchen als die später unter 2. behandelte nach der Lockerung der Assoziationen. Sie vergleichen die von ihnen gefundene Gesetzmäßigkeit mit der für diesen anderen Vorgang geltenden und freuen sich, daß beide einigermaßen übereinstimmen. Gewiß werden nun diese Dinge innerlich irgendwie zusammenhängen, aber zunächst sind sie etwas ganz Verschiedenes und Auseinanderzuhaltendes.

60 Sek. in etwa 60%. **Lehmann** benutzte graue Scheiben mit einer relativen Helligkeitsdifferenz von etwa $^1/_{15}$; nach 5 Sek. wurde diese Verschiedenheit von einem Beobachter in allen Fällen, nach 30 Sek. noch in $^5/_6$, nach 2 Minuten kaum mehr in der Hälfte der Fälle erkannt. **Lewy** berührte die Haut seiner Versuchspersonen an verschiedenen Stellen des Vorderarmes und ließ sie nach verschieden langen Pausen die berührten Stellen selbst bezeichnen; bei sofortiger Bestimmung geschah dies mit einem durchschnittlichen Lokalisationsfehler von 1,1 cm, nach 20 Sek. mit einem Fehler von 1,5, nach 2 Min. von 2,2 cm. Das allgemeine Resultat ist, wie man sieht, durchweg dasselbe: eine rasch zunehmende Unsicherheit des Vergleichungsurteils in den ersten Sekunden nach der Einwirkung des Eindrucks, und also, wenn es erlaubt ist, diese Unsicherheit so zu deuten: ein dementsprechend rasches Unbestimmtwerden des Gedächtnisbildes.

Natürlich hat man auch versucht, diese Untersuchungen über die ersten Sekunden und Minuten hinaus auf längere Zeiten auszudehnen. Dabei aber hat man das überraschende Ergebnis gefunden, daß sie weiterhin resultatlos bleiben, d. h. daß die Unsicherheit der Vergleichung bei weiter zunehmender Größe der Zwischenzeit sich kaum noch ändert. Ja, in manchen Fällen, z. B. bei der Beurteilung von Augenmaßgrößen und von Zeitstrecken, hat sich eine Abhängigkeit des Vergleichungsurteils und also des zu ihm in Beziehung gedachten Gedächtnisbildes von der Zeit **überhaupt nicht** auffinden lassen; kleine zeitliche Intervalle vermochte **Paneth** nach Verlauf von 5 Minuten noch ungefähr ebenso richtig zu reproduzieren wie nach wenigen Sekunden. Offenbar spielen hier verwickelnde Momente eine Rolle, die den tatsächlich nicht zu bezweifelnden Vorgang der zunehmenden Ungenauigkeit unserer Gedächtnisbilder unter Umständen verdecken und für unsere Methoden unfaßbar machen. Welcher Art sie sind, ist in der Hauptsache klargestellt, durch eine genauere Beobachtung der Art und Weise, wie eine Einprägung von Eindrücken und ihre Vergleichung mit später gegebenen verwandten Eindrücken in vielleicht den meisten Fällen vor sich geht. Will ich mir die Farbe eines vor mir liegenden roten Bandes merken, so wird mir freilich der genaue Ton und die Helligkeit dieses Rot nur für sehr kurze Zeit gegenwärtig bleiben; und ich werde sie immer weniger sicher aus verschiedenen Schattierungen Rot herauszufinden vermögen, je mehr Zeit ich verstreichen lasse. Aber wenn ich nur die Farbe mit Bewußtsein als **rot** aufgefaßt und vielleicht in Gedanken noch so benannt habe, so werden damit der Unsicherheit eines späteren Vergleichungsurteils bestimmte enge Schranken gesetzt, über die es

nicht mehr hinaus kann; bis in die fernste Zukunft kann ich nun nicht in Gefahr kommen, die Farbe etwa als braun oder rosa zu bezeichnen, wofern mir nur jene Unterordnung noch im Gedächtnis bleibt. Allgemein ausgedrückt heißt das: der einzeln gegebene und dem Gedächtnis anvertraute Eindruck besteht nicht als ein isoliertes und bloß zunehmender Unbestimmtheit unterliegendes Gebilde in meiner Seele; sondern er wird sogleich in Beziehung gebracht zu einer durch Übung geläufig gewordenen allgemeineren Vorstellung, er wird mit einer bestimmten Kategorie aufgefaßt und meist auch mit dem entsprechenden Worte bezeichnet. Und ein später kommender ähnlicher Eindruck wird dann nicht sowohl mit dem unbestimmter gewordenen Gedächtnisbilde jenes ersten Eindrucks als vielmehr mit der Kategorie verglichen, in die ich jenen eingeordnet habe, oder er wird in ähnlicher Weise eingeordnet und die beiden Kategorien werden miteinander verglichen. Verschiedene Schattierungen Grau fasse ich ohne weiteres auf als hell, sehr hell, perlgrau usw., verschiedene Farben als grasgrün, meergrün, zitronengelb, Gewichte als schwer, mittelschwer, federleicht; Raumgrößen schätze ich vielleicht nach ihrer Beziehung zu Zentimetern, Zeitgrößen nach ihrem Verhältnis zu Sekunden oder zu einem Marschtempo usw. An diesen Rubriken wird aber, solange sie überhaupt erinnert werden, durch die Zeit nichts geändert. Durch eine Vergleichung späterer Eindrücke mit ihnen wird also anscheinend stets die gleiche Unbestimmtheit des früheren Erlebnisses gefunden, nämlich eben die Breite der Allgemeinvorstellung, durch die es aufgefaßt worden ist. Wie es sich aber mit der zunehmenden Ungenauigkeit von Gedächtnisbildern verhält, die nicht in solcher Weise rubriziert oder — wie G. E. Müller es nennt — nach ihrem absoluten Eindruck beurteilt worden sind, wissen wir einstweilen nicht.

Andere Änderungen, nämlich inhaltliche Umwandlungen und Verschiebungen der Gedächtnisbilder, kommen erst durch weitere Erfahrungsverwicklungen zustande und können uns daher hier noch nicht beschäftigen.

2. Lockerung der Assoziationen.[1] Alle einmal gestifteten Assoziationen schwinden allmählich, d. h. die aus irgend welchen Ursachen in das Bewußtsein zurückkehrenden Glieder eines assoziierten Verbandes rufen immer spärlichere und lückenhaftere Vorstellungen

[1] Ebbinghaus, a. a. O. § 26 f. u. § 31. Müller u. Schumann, a. a. O. S. 158. Bigham, Memory. Psychol. Rev. 1 S. 453. 1894. Müller u. Pilzecker, a. a. O. S. 64. Meumann (s. S. 668 Anm.) S. 13. Ogden (s. S. 671 Anm.) S. 43.

der übrigen Glieder hervor, oder auch es bedarf eines immer größeren Arbeitsaufwandes, um den Verband wieder auf eine bestimmte geistige Höhe zu heben, sodaß er z. B. fehlerfrei reproduziert werden kann. Seinem allgemeinen Charakter nach verläuft dieser Vorgang des Vergessens ganz ähnlich wie das soeben besprochene Unbestimmtwerden der einzelnen Glieder: anfänglich außerordentlich schnell, weiterhin langsamer und schließlich mit äußerster Langsamkeit. Indes scheint der Prozeß nie zu einem völligen Stillstand zu kommen, sondern — natürlich, sofern nicht etwa eine erneute Einprägung stattfindet — ganz regelmäßig fortzuschreiten bis zu völliger Auflösung der Assoziationen. Man kann seinen Gang im einzelnen sehr gut vermittelst des Ersparnisverfahrens verfolgen, indem man also feststellt, mit welcher Minderzahl von Wiederholungen auswendig gelernte Stoffe zu verschiedenen späteren Zeiten wiedererlernt werden können. Um eine ungefähre Anschauung zu geben, seien die Resultate einer ausgedehnten Versuchsreihe mitgeteilt, die ich mit 13gliedrigen Silbenreihen erhielt, allerdings unter ganz besonderen und unvorteilhaften Bedingungen, so daß sie nicht verallgemeinert werden dürfen.

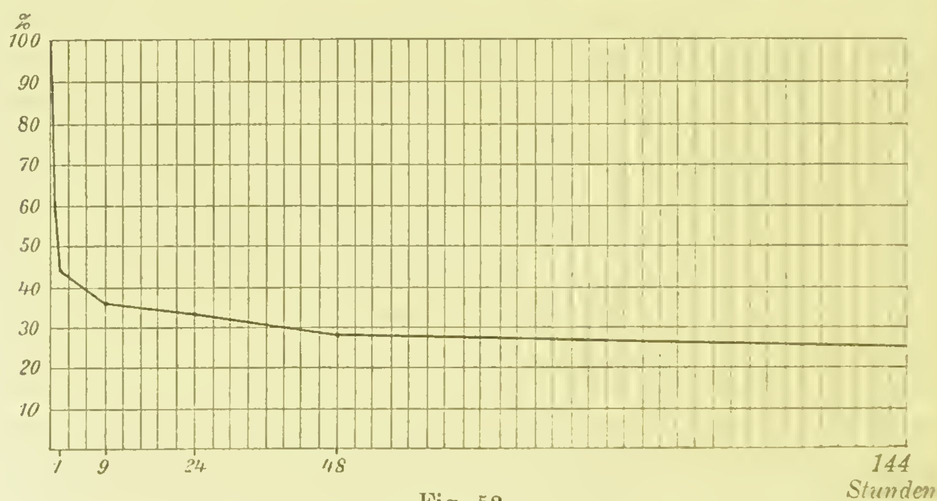


Fig. 52.

In Prozenten der für das erste Erlernen der Reihen gebrauchten Arbeit wurden bei ihrem späteren Wiedererlernen

nach	$^1/_3$	1	9	24	2 × 24	6 × 24	31 × 24	Stunden
erspart	58	44	36	34	28	25	21	%.

Wie besonders die graphische Darstellung der Zahlen (Fig. 52) erkennen läßt, ist der Abfall der Assoziationen von der durch das Auswendiglernen erreichten Höhe zuerst ebenso steil wie hinterher unbedeutend: nach einer Stunde ist schon wieder über die Hälfte der ursprünglichen Arbeit erforderlich, um die Reihen erneut her-

sagen zu können, nach einem Monat dagegen ist dieses Erfordernis erst auf $^4/_5$ gestiegen.

Bei längeren Reihen, deren erste Einprägung verhältnismäßig mehr Arbeit erfordert, erfolgt das Vergessen, gewissermaßen als Ersatz für den größeren ersten Aufwand, mit geringerer Geschwindigkeit. Bedeutend langsamer aber geschieht es namentlich bei sinnvollen Stoffen; die Einheit des Sinnes, die die erste Einprägung so bedeutend erleichtert, hält die Glieder auch hinterher viel fester zusammen, als ihre verschiedenen Assoziationen untereinander es vermögen. Auswendig gelernte Stanzen von Byrons Don Juan z. B. lernte ich 24 Stunden später zum zweiten Male mit rund 50 % Ersparnis an Wiederholungen, gegen nur 34 % bei den erwähnten Silbenreihen. Zu einer völligen Lösung solcher Assoziationen scheint es selbst nach sehr langen Zeiträumen nicht zu kommen. Ich habe vor einiger Zeit eine größere Anzahl der erwähnten Byronschen Stanzen wiedererlernt, die ich zum ersten Male 22 Jahre früher bis zur ersten Reproduktion auswendig gelernt und seitdem nie wieder angesehen hatte. Die zu ihrer erneuten Einprägung erforderliche Zeit war durchschnittlich noch um 7 % geringer als für andere, bis dahin nicht gelernte Stanzen desselben Gedichtes. Viel beträchtlicher war die Ersparnis bei Stanzen, die nicht nur ein einziges Mal, sondern mehrfach, nämlich an 4 aufeinander folgenden Tagen, jedesmal bis zur ersten Reproduktion auswendig gelernt worden waren, was etwas über doppelt soviel Wiederholungen als das erstmalige Lernen erfordert hatte. Sie wurden 17 Jahre später noch mit einer Ersparnis von nahezu 20 % gegen neue Stanzen wiedererlernt. Ein bewußtes Erinnern an irgendwelche Einzelheiten fand hier so wenig mehr statt wie in dem ersterwähnten Fall; gleichwohl verriet sich die Nachwirkung der vor so langer Zeit gestifteten Assoziationen bisweilen auch für das unmittelbare Bewußtsein durch die auffallende Schnelligkeit, mit der die erneute Beherrschung der Stanzen gelang.

Nebenassoziationen (s. S. 664) scheinen bedeutend rascher zu schwinden als Hauptassoziationen. Müller und Pilzecker ließen Silbenreihen wiederholt aufmerksam durchlesen und untersuchten sie hinterher mit dem Trefferverfahren, d. h. sie zeigten einzelne Silben aus den Reihen vor, mit der Aufforderung, jedesmal die unmittelbar folgende Silbe zu nennen. Dabei fanden sie, daß unter den so vorgebrachten falschen Silben solche, die durch Nebenassoziationen mit den vorgezeigten verbunden waren, unvergleichlich häufiger vertreten waren, wenn die Prüfung bald auf die Einprägung folgte, als wenn sie erst nach 24 Stunden vorgenommen wurde. In einer Versuchsreihe z. B. wurde bei einer Prüfung nach 5 Minuten in etwa 17 %

der falschen Fälle die unmittelbar vorhergehende statt der unmittelbar folgenden Silbe genannt, in mehr als 50 % eine andere Silbe derselben Reihe; nach 24 Stunden kam der erste Fall überhaupt nicht mehr vor, der andere nur in etwa 5 % der Fälle, also nur $^1/_{10}$ so häufig. In diesem Verhalten der Nebenassoziationen liegt vielleicht der Grund oder doch einer der Gründe für die oben (S. 660) noch unerklärt gelassene günstigere Wirkung einer Verteilung einprägender Wiederholungen vor ihrer Häufung. Die Assoziationen, auf die es bei der wiederholten Einprägung einer Reihe ankommt und für die jener Vorteil nachgewiesen ist, sind Hauptassoziationen. Haben diese nun die Eigenschaft, sich selbst überlassen verhältnismäßig langsamer zu schwinden als die zwischen den Reihengliedern gebildeten Nebenassoziationen, so ist verständlich, daß es für die Wirkung erneuter Wiederholungen vorteilhaft sein muß, immer gewisse Zwischenzeiten vorhergehen zu lassen. Die verstärkende Kraft einer neuen Wiederholung wird sich auf die bereits bestehenden Assoziationen irgendwie in Abhängigkeit von deren Festigkeit verteilen. Verlieren nun die Hauptassoziationen in eingelegten Pausen verhältnismäßig weniger als die Nebenassoziationen, so muß ihnen jede nach einer Pause neu aufgewandte Arbeit in verhältnismäßig höherem Maße zugute kommen als ohne Pause, und bei einer gleichen Gesamtzahl von Wiederholungen wird also durch deren Verteilung ein größerer Betrag der zugeführten Energie zu ihren Gunsten und ihrer weiteren Festigung verwandt als durch deren Häufung.

Interessant ist das Verhalten verschiedener Individuen. Nach einer verbreiteten Meinung ist schnelles Lernen in der Regel auch mit schnellem Vergessen, langsames Lernen dagegen mit gutem und dauerhaftem Behalten verbunden. Vielleicht verhält es sich so, wenn das Behalten durch eine völlig spontane Reproduktion des Eingeprägten, ohne erneute Unterstützung geprüft wird. Wird aber die Prüfung mit einer Wiederauffrischung des gelernten Stoffes verbunden, wie bei dem Ersparnisverfahren, so scheint nach einigen Versuchsresultaten von Müller und Schumann das bestehende Verhältnis doch anders formuliert werden zu müssen. Drei ihrer Versuchspersonen lernten 12silbige Reihen:

je mit	11,0	14,8	19,0	Wiederholungen.
Für das Wiedererlernen				
nach 24 Stunden brauchten sie	7,0	8,2	8,7	„
mithin ersparten sie	4 (37 %)	6,6 (45 %)	10,3 (54 %)	„

Hier hat der schnellste Lerner allerdings nach 24 Stunden sowohl absolut wie relativ die geringste Ersparnis erzielt, der langsamste Lerner die größte, und wenn man will, kann man also sagen, jener

habe mehr vergessen als dieser. Gleichwohl ist in anderer Hinsicht der schnellste Lerner doch immer noch im Vorteil geblieben: er erledigt auch die zweite Einprägung der Reihen mit der geringsten Wiederholungszahl, während der langsamste Lerner dazu die größte braucht. Und das eigentlich Charakteristische der Zahlen liegt vielmehr darin, daß die Werte für das zweite Lernen einander sehr viel näher gekommen sind und nicht annähernd mehr so weit auseinander gehen wie die für das erste Lernen. Durch die einmalige Einprägung bis zum ersten fehlerfreien Hersagen sind die zuerst sehr großen Verschiedenheiten der Reihen für die einzelnen Individuen sehr verringert worden; die Reihen sind für sie jetzt nahezu gleichwertig. Spätere Versuche Ogdens hatten das gleiche Ergebnis. Auch bei den Verschiedenheiten, die durch verschiedene Länge von Reihen hervorgebracht werden, scheint es sich so zu verhalten. Zum ersten Auswendiglernen 24 silbiger Reihen brauchte ich 44, bei 36 silbigen Reihen 55 Wiederholungen. Um aber die so eingeprägten Reihen an den nächstfolgenden Tagen wieder jedesmal bis zur ersten Reproduktion zu erlernen, waren vom 3. Tage ab für beide Reihenlängen stets genau dieselben Wiederholungszahlen erforderlich; die bedeutende Verschiedenheit der ersten Einprägung war vollständig ausgeglichen.

3. Förderungen und Störungen des Behaltens.[1] In den allmählichen Auflösungsprozeß sich selbst überlassener Assoziationen wie auch in das Unbestimmtwerden ihrer Glieder kann in zwiefacher Weise eingegriffen werden, verlangsamend und beschleunigend. Das Mittel zur Hervorbringung der ersten Wirkung ist allbekannt: erneute Einprägung der assoziierten Verbände. Die Vorstellungen ihrer einzelnen Glieder verwischen sich dann immer langsamer und werden schließlich mit großer Genauigkeit reproduziert, wie bestimmte Maße durch den Tischler, Farben durch den Maler usw. Ebenso wird dadurch die Lösung der zwischen ihnen bestehenden Assoziationen immer mehr verzögert, sodaß die wechselseitigen Reproduktionen der Glieder immer sicherer und vollständiger erfolgen. Und zwar hat eine solche erneute Einprägung nicht etwa nur die Folge, daß die bis dahin bereits eingetretene Lockerung der Assoziationen rückgängig gemacht würde, dann aber von dem Zeitpunkt der zweiten Einprägung ab ganz ebenso vor sich ginge, wie ursprünglich nach der ersten, sondern die Wirkung ist eine bedeutend stärkere. Das abermalige Schwinden der

[1] Ebbinghaus, a. a. O. § 31 f. Jost (s. S. 657 Anm.) S. 466. Lewy (s. S. 677 Anm.) S. 248 u. 283. Müller und Pilzecker, a. a. O. § 31 f. Angell, Am. Journ. of Psychol. **12** S. 58. Philos. Stud. **19** S. 6.

Assoziationen geschieht jetzt viel langsamer, als einer bloßen Verschiebung des zeitlichen Anfangspunktes entsprechen würde, auch wenn die äußerlich hervortretenden Effekte der Einprägungen ganz dieselben sind. Konkret gesprochen: ich lerne eine Strophe von Byrons Don Juan bis zur ersten Reproduktion mit etwa 8 Wiederholungen; um sie nach 24 Stunden wieder fehlerfrei hersagen zu können, brauche ich 4 Wiederholungen. In gewisser Hinsicht befinden sich die eingeprägten Vorstellungen nach jedem Erlernen in demselben Zustande: die sie zusammenhaltenden Assoziationen sind so stark, daß eben ein freies Hersagen möglich ist. Aber in anderer Hinsicht verhalten sie sich doch sehr verschieden. Denn wenn ich nun am 3. Tage die Strophe wieder vornehme, so sind die Assoziationen nicht etwa so weit geschwunden wie vom ersten zum zweiten Tage, sodaß ich also wieder 4 Wiederholungen nötig hätte, um sie bis zur Ermöglichung des freien Hersagens aufzufrischen; ich bedarf ihrer vielmehr durchschnittlich kaum 2. Fahre ich weiter so fort, so ist am 5. Tage gar eine fehlerfreie Reproduktion schon ohne jede vorherige Wiederholung möglich; eine nachweisbare Lockerung der Assoziationen hat innerhalb der letzten 24 Stunden überhaupt nicht mehr stattgefunden. Offenbar also schwinden Assoziationen von völlig gleicher Reproduktionsfähigkeit um so langsamer, je älter sie sind und je häufiger sie durch erneute Einprägung verstärkt wurden.[1]

Besonders deutlich zeigt sich die Kraft alter und durch erneute Wiederholung immer wieder gekräftigter Assoziationen im höheren Alter. Hier ist die Aufnahmefähigkeit für neue Assoziationen stark geschwunden; alte Leute sind bekanntlich höchst vergeßlich: sie wissen heute nicht mehr, was ihnen gestern begegnet ist, und erzählen dieselben Geschichten denselben Leuten immer wieder. Dafür reproduzieren sie nun ältere Erlebnisse, und natürlich in erster Linie solche.

[1] Die praktischen Konsequenzen dieser Gesetzmäßigkeit treffen zusammen mit den oben (S. 660) aus den günstigen Wirkungen einer Verteilung der Wiederholungen schon abgeleiteten: zur Erlangung der dauernden Herrschaft über einen Stoff ist es auf jede Weise vorteilhaft, ihn mit zwischengelegten Intervallen wiederholt einzuprägen. Die verteilten Wiederholungen haben einen höheren Einprägungswert, und die wiederholt gekräftigten Assoziationen schwinden immer langsamer. Aber es würde fehlerhaft sein, wenn man wegen dieses Zusammengehens ihrer praktischen Folgen die beiden Ursachen nun als eine betrachten oder aufeinander zurückführen wollte; sie sind als reale Vorgänge wohl auseinander zu halten. Gäbe es bloß verlangsamtes Vergessen infolge wiederholter Einprägung, so wäre nicht zu verstehen, wie die vermittelst des Treffer- und des Ersparnisverfahrens bei verschieden alten Assoziationen gefundenen Resultate auseinandergehen können (S. 659). Gäbe es aber bloß bessere Wirkung von Wiederholungen auf ältere Assoziationen, so wäre wiederum nicht zu verstehen, wie ein nur bis zum ersten Hersagen eingeprägter Stoff auch nach 24 Stunden noch ohne erneute Wiederholung frei reproduziert werden kann.

die sich ihnen besonders lebhaft eingeprägt hatten und dann während ihres langen Lebens besonders häufig wieder vergegenwärtigt wurden, d. h. einzelne Jugenderlebnisse. Man hat mit Recht gesagt, daß der Mensch anfängt, alt zu werden, wenn er anfängt, von seiner Jugend zu erzählen. Charakteristisch ist noch der Beginn der Altersvergeßlichkeit. Was zuerst von ihr betroffen wird, sind die Eigennamen; offenbar deshalb, weil wir bei unserer geistigen Beschäftigung mit Personen, überhaupt mit konkreten Dingen, weniger mit deren Namen als mit ihrem Aussehen, ihren Eigenschaften und Beziehungen zu tun haben. Ähnliches wird bei pathologischen Störungen des Gedächtnisses beobachtet. Zuerst geht die Reproduktionsfähigkeit für Eigennamen und konkrete Substantiva verloren, auch wohl für die Worte einer fremden Sprache. Schwieriger verlieren sich Verba, abstrakte Begriffe, Präpositionen, die unabhängig von ihrer sprachlichen Bezeichnung ja kaum gedacht werden können. Am längsten erhält sich der eigene Name, eine viel gebrauchte Redensart, bei Leuten aus dem Volke ein kräftiger Fluch.

Weniger bekannt oder doch jedenfalls weniger gewürdigt ist eine das Vergessen beschleunigende Einwirkung auf vorher gestiftete Assoziationen: jede stärkere Inanspruchnahme der Aufmerksamkeit unmittelbar nach der Einprägung eines Stoffes schädigt seinen weiteren Fortbestand in der Seele; die einzelnen Glieder des eingeprägten Verbandes verwischen sich schneller und ihre wechselseitige Reproduktionsfähigkeit wird geringer. Über den ersten Punkt, das schnellere Verwischen, liegen u. a. einige Versuche von Lewy vor. Bei Gedächtnisuntersuchungen auf dem Gebiete des Augenmaßes und in geringerem Grade auch bei den vorhin erwähnten Lokalisationsversuchen fand er den begangenen Fehler größer, wenn die Versuchsperson in der Zwischenzeit zwischen den zu vergleichenden Eindrücken mit dem Besehen von Bildern oder mit Rechenaufgaben beschäftigt wurde, als wenn sie sich selbst überlassen blieb. Natürlich aber gilt dies nur für die Fälle einer eigentlichen Vergleichung. Werden die zu beurteilenden Inhalte je nach ihrem absoluten Eindruck einer allgemeinen Kategorie eingeordnet und durch diese zueinander in Beziehung gesetzt (S. 678), so hat eine in der Zwischenzeit einwirkende Störung, wie Angell feststellte, nur geringen Einfluß. Eingehendere Untersuchungen haben Müller und Pilzecker der zweiten Seite des Vorgangs gewidmet, der Lockerung der Assoziationen. Sie ließen Silbenreihen mehrmals aufmerksam durchlesen und prüften die dadurch gestifteten Assoziationen hinterher nach dem Trefferverfahren. In der Zwischenzeit war die Versuchsperson teils in Ruhe gelassen, teils durch das Lesen einer gleichartigen anderen Reihe bald nach der Einprägung der ersten in Anspruch genommen worden. In diesem zweiten Falle wurden rund nur halb soviel Treffer erzielt als in dem ersten. Die Verminderung war beträchtlich größer, wenn die Nacharbeit schon nach einigen Sekunden an die erste Einprägung ange-

schlossen wurde, als wenn dies erst nach Verlauf einiger Minuten geschah. Von der besonderen Art der Nachwirkung dagegen war sie unabhängig; die Schwächung der Assoziationen fand auch statt, wenn man die Versuchsperson nicht mit einer der Vorarbeit gleichartigen Tätigkeit, sondern mit dem aufmerksamen Betrachten und der sogleich darauf folgenden Beschreibung von einigen Bildern beschäftigte.

Assoziationen, die nicht unmittelbar nach ihrer Herstellung eine gewisse Zeit haben, um sich zu setzen oder zu konsolidieren, wie man sagen könnte, beharren demnach nicht lange. Mir scheint diese Tatsache in einem inneren Zusammenhang zu stehen mit der Enge des Bewußtseins. Wie die Bildung von Assoziationen nicht an die direkte Gleichzeitigkeit oder unmittelbare Aufeinanderfolge seelischer Gebilde gebunden ist, sondern in abnehmender Stärke und namentlich nach vorwärts auch noch über einige Zwischenglieder und mäßig große Zwischenzeiten hinweggeht, so erstreckt sich auch jene wechselseitige Schädigung und Hemmung, die wir mit der gleichzeitigen Inanspruchnahme der Seele durch mehrere Einwirkungen verbunden fanden, über die strenge Gleichzeitigkeit hinaus und ergreift, namentlich nach rückwärts, auch noch zeitlich etwas getrennte Betätigungen, natürlich wieder in geringerem Grade. Hierdurch gewinnen wir nun auch ein Verständnis für die oben (S. 651) erwähnte rasche Steigerung der für die Einprägung von Reihen erforderlichen Wiederholungen mit zunehmender Anzahl der Reihenglieder. Die einzelnen Assoziationen beeinträchtigen und lockern sich immer wieder durch *rückwirkende Hemmung,* und die Herstellung einer bestimmten Festigkeit erfordert mithin einen immer größeren Arbeitsaufwand zur Überwindung dieser Störung, je höher die Zahl der hemmenden und gehemmten Glieder sich beläuft.

Zugleich aber hängt mit diesem Vorgang zweifellos noch eine andere wichtige Erscheinung zusammen, nämlich die verwunderlich geringe Dauerhaftigkeit der durch sogenanntes Einpauken erworbenen Kenntnisse, d. h. der durch massenhafte Einprägung in verhältnismäßig kurzer Zeit und ohne genügend vielseitige Verknüpfung untereinander angeeigneten Gedächtnisstoffe. Jedermann kennt sie und findet sie bedauerlich, aber man scheint im allgemeinen zu glauben, daß die Schuld lediglich an gewissen, vielleicht abstellbaren Fehlern der Lernenden liege, wie an mangelndem Interesse für die eingeprägten Dinge, an dem Aufhören einer späteren Beschäftigung mit ihnen. Diese Faktoren spielen sicherlich mit, nur daß sie sich zum Teil gar nicht abstellen lassen. Denn die Weckung von Interesse z. B. hängt aufs engste zusammen mit der wechselseitigen Verknüpfung und Durchdringung der erworbenen Kenntnisse, aus deren Unterlassung ja eben der Zeitgewinn des Einpaukens resultiert. Außerdem aber zeigt sich

nun hier, daß der Schaden viel tiefer sitzt. Die mit unausgesetzter intensiver Anspannung der Aufmerksamkeit einander jagenden und des größeren Zusammenhangs entbehrenden Einprägungen stören und hemmen sich wechselseitig; die späteren vernichten oder verkürzen doch immer wieder die Lebensdauer der früheren, und für eine etwas entlegene Zukunft bleibt das Ganze auch bei dem besten Willen der Lernenden notwendig ein fruchtloses Tun. Man darf daher sagen, daß Prüfungen, die so angestellt werden, daß sie durch Einpauken überwunden werden können, eine durchaus unökonomische Verwendung geistiger Kräfte und materieller Mittel hervorrufen, daß sie also im wesentlichen unnütze Belästigungen aller Beteiligten sind.

§ 63. Der Vorgang der Reproduktion.

Bei dem tatsächlichen Eintreten von Vorstellungen ins Bewußtsein, die frühere Erlebnisse der Seele reproduzieren, sind namentlich zwei Punkte von Interesse und neuerdings mehrfach untersucht worden. Erstens die Frage, ob die dem Reproduktionsakt unmittelbar vorhergehenden und ihn auslösenden Ursachen der reproduzierten Vorstellungen bewußt sein müssen oder auch unbewußt bleiben können, zweitens die Größe des Intervalls, das zwischen dem Auftreten einer bewußten Reproduktionsursache und der durch sie geweckten Vorstellung verstreicht. Zunächst einige Mitteilungen über den zweiten Punkt.

1. Reproduktionszeiten.[1] Man hat eine Zeitlang geglaubt, das für die Reproduktion einer Vorstellung durch ihre zugehörige Ursache erforderliche Zeitintervall sei eine leidlich konstante oder doch nur innerhalb mäßiger Grenzen schwankende Größe, ähnlich wie man dies z. B. für die einfache Reaktionszeit behaupten kann, und hat dementsprechend versucht, es aus den mannigfachen Verwickelungen, die durch das Erkennen der Reproduktionsursachen und die äußere Bekundung der erfolgten Reproduktion hervorgebracht werden, möglichst rein herauszuschälen. Diese Vorstellung hat sich als irrig erwiesen. Die Reproduktionszeiten schwanken, je nach den besonderen

[1] Galton, Inquiries into Human Faculty S. 185 f. Trautscholdt, Experimentelle Untersuchungen über die Assoziation der Vorstellungen. Philos. Stud. **1** S. 213; 1883. Cattell, Experiments on the Association of Ideas. Mind. **12** S. 68; 1887. Cattell and Bryant, Mental Association investigated by Experiment (mit guten Bemerkungen von Stout u. a.). Mind. **14** S. 23; 1889. Münsterberg, Beitr. zur experim. Psychologie **1** S. 87; 1889. Kraepelin, Über die Beeinflussung einfacher psychischer Vorgänge durch einige Arzneimittel. S. 17, 51 usw.; 1892. Aschaffenburg, Experimentelle Studien über Assoziationen. Kraepelins Psychol. Arb. **1** S. 209; 1895. Ziehen, Die Ideenassoziation des Kindes. II. 1900. Müller u. Pilzecker, a. a. O. § 4 f.

Umständen, unter denen der Reproduktionsakt erfolgt, von vielleicht $^1/_{10}$ Sekunde und noch weniger bis zu mehreren ganzen Sekunden. Nähere Angaben über sie haben daher nur Sinn für die bestimmten Umstände, unter denen die Zahlen gewonnen sind, oder sofern nicht ihre absoluten Beträge, sondern nur ihre durch Änderungen der Umstände hervorgebrachten Verschiedenheiten in Betracht gezogen werden.

Die experimentellen Untersuchungen des Gegenstandes sind zumeist so angestellt worden, daß den Versuchspersonen einzelne, mit ihrer jeweiligen Bewußtseinslage nicht in Zusammenhang stehende Worte zugerufen wurden und sie nun möglichst schnell anzugeben hatten, was ihnen danach zunächst in den Sinn kam. Die unter diesen Bedingungen von verschiedenen Beobachtern gefundenen Zeiten erstrecken sich etwa von $^3/_4$ bis zu 2 Sekunden. Verglichen mit den Geschwindigkeiten, die man nach ungefährer Schätzung geneigt sein möchte für die Aufeinanderfolge der gewöhnlichen Gedanken als überwiegend maßgebend zu betrachten, gehen diese Werte auffallend hoch hinauf, auch wenn man berücksichtigt, daß man von ihnen noch vielleicht 0,3—0,4 Sekunden für das Erkennen der Reproduktionsursachen und das Zustandekommen der Sprechbewegungen in Abzug zu bringen hat. Allein man braucht derartige Versuche nur einige Male anzustellen, um sofort einzusehen, weshalb sie so hohe Zahlen liefern müssen. Bei den meisten plötzlich zugerufenen Worten fällt einem zunächst während eines deutlich wahrnehmbaren kleinen Zeitintervalls gar nichts ein; offenbar einmal deshalb, weil durch die abrupte Unterbrechung des bisherigen Gedankenganges ein Moment der Verwirrung eintritt, und weiter, weil zahlreiche Worte eine große Fülle von annähernd gleichstarken Reproduktionstendenzen besitzen, die sich gegenseitig das Gleichgewicht halten und daher für keine einzige Vorstellung eine genügend starke Innervation der Sprachorgane herbeizuführen vermögen (S. 695). Außerdem aber treten in anderen zahlreichen Fällen Vorstellungen auf, die trotz ihrer oft sinnlichen Lebhaftigkeit sich doch nicht sprachlich kurz mitteilen lassen, wie verwickelte Situationen, unbestimmte Figuren u. a. Wenn dann nicht, wie es manchmal geschieht, ein von einer ganz anderen Richtung und unwillkürlich hereinbrechendes Wort dem Zustand ein Ende macht, muß man erst eine Weile suchen, um wenigstens für einen Teil oder eine Seite des inneren Erlebnisses einen irgendwie passenden Ausdruck zu finden.

So werden auch manche Einzelheiten verständlich, die man bei diesen Versuchen gefunden hat. Die Vorstellung eines Teils reproduziert anscheinend rascher die des Ganzen als umgekehrt das Ganze den Teil; vermutlich weil in dem zweiten Fall mehrere gleichstarke

Reproduktionsmöglichkeiten miteinander konkurrieren und einander hemmen, in dem ersten nicht. Aus gleichem Grunde geht die Vorstellungsbewegung rascher vom Besonderen auf das Allgemeine als vom Allgemeinen auf das Besondere; dies wohl auch noch deshalb, weil eine kurze sprachliche Bezeichnung des Besonderen meist immer schwieriger wird, je näher es dem Individuellen kommt. Die kürzesten Werte innerhalb der angegebenen Grenzen werden bei sehr geläufigen Assoziationen erzielt, die sich vielfach zugleich dadurch charakterisieren, daß sie bei zahlreichen Individuen in gleicher Weise wiederkehren, wie z. B. Vater — Sohn, groß — klein. Daß Kinder, wie Ziehen fand, durchweg erheblich langsamer reproduzieren als Erwachsene, wird hauptsächlich daran liegen, daß selbst die ihnen geläufigsten Assoziationen dem Erwachsenen meist noch viel geläufiger sein werden. Ebenfalls kurze Werte erhält man ferner, wenn durch Zufügung geeigneter Bestimmungen die Vielheit der Reproduktionsmöglichkeiten beschränkt oder gar auf eine reduziert wird, indem man z. B. fragt: in welchem Lande liegt Rom?

Die kleinsten Reproduktionszeiten überhaupt aber ergeben sich, und zwar unter Umständen beträchtlich unter der oben genannten unteren Grenze, wenn die Reproduktionen nicht durch plötzlich auftretende isolierte Eindrücke, sondern, wie es bei unseren gewöhnlichen geistigen Betätigungen der Fall ist, durch den gesamten jeweiligen Vorstellungsinhalt der Seele bestimmt werden. Handelt es sich dann noch um sehr geläufige und eindeutig bestimmte Reproduktionen, z. B. um das bloße Hinzutreten von Bedeutungsvorstellungen zu sprachlichen Schriftbildern, so sinkt die Reproduktionszeit bis auf etwa 0,1 Sekunde. Wenigstens vermag ich mittelschwere Prosa oder Poesie noch mit dieser Geschwindigkeit für das Wort zu durchfliegen; allerdings bloß mit den Augen, aber doch so, daß ich sicher bin, jedes Wort zu verstehen. Indes ist eine solche Schnelligkeit nicht lange aufrecht zu erhalten; sie ist unbequem und ermüdend. Personen, die man sich selbst überläßt, lesen Schillersche Stanzen, wie oben schon bemerkt, im allgemeinen mit einer Geschwindigkeit von 0,4 Sekunden auf den Versfuß, d. h. mit etwas mehr als 0,3 Sekunden auf das Wort. Sind die Assoziationen weniger geläufig, wie beim Lesen fremdsprachiger Stoffe, so wird die Schnelligkeit weiter ermäßigt. Daß Ausländer solchen, die die fremde Sprache nicht genügend beherrschen, durchweg ungewöhnlich schnell zu sprechen scheinen, hängt hiermit zusammen.

Reproduktionszeiten einer etwas anderen Art sind von Müller und Pilzecker vielfach gemessen worden, indem sie bei ihren Prüfungen von Silbenreihen nach dem Trefferverfahren zugleich feststellten, wieviel Zeit zwischen dem Vorzeigen einzelner Silben und dem Aussprechen der in den eingeprägten Reihen

auf sie unmittelbar folgenden Silben verfloß. Hier handelte es sich also nicht mehr um das Eintreten irgend einer beliebigen, sondern um das einer ganz bestimmten und vorgeschriebenen Reproduktion, wobei von den Versuchspersonen vielfach erst eine auftauchende Vorstellung als falsch verworfen werden muß, ehe eine für richtig gehaltene auftritt. Begreiflicherweise sind daher diese Trefferzeiten überwiegend länger als die oben angegebenen Werte: günstigstenfalls gehen sie im Durchschnitt einzelner Versuchsreihen auf etwa $1^1/_2$ Sekunden herunter, erreichen aber bei den Silben schwach eingeprägter Reihen nicht selten 4 bis 5 ganze Sekunden durchschnittlich. Zugleich zeigte sich hier, daß bei gleich stark assoziierten (d. h. gleich viele Treffer liefernden) Reihen verschiedenen Alters die jüngeren und namentlich sehr junge, eben erst eingeprägte Reihen kleinere Reproduktionszeiten ergeben als ältere.

2. Mittelbare Assoziationen.[1] Zu den alltäglichsten Vorgängen des Seelenlebens gehört das plötzliche Aufsteigen von Vorstellungen vergangener Erlebnisse, ohne daß das Vorhergehen eines früher mit ihnen assoziierten Gebildes als Ursache ihres Auftretens nachgewiesen werden kann. Für die populäre Vorstellung von den bestimmenden Faktoren des seelischen Getriebes sind diese freien Reproduktionen, die sogenannten *Einfälle*, ohne Zweifel viel maßgebender als die sozusagen nur nebenher anerkannte assoziative Verursachung: der naive Betrachter denkt sich, daß im allgemeinen die Vorstellungen als Einfälle reproduziert werden, und daß ihr Auftreten nur gelegentlich und innerhalb gewisser Grenzen durch verschiedene assoziative Beziehungen etwas geregelt werde. Wie steht es hiermit für die wissenschaftliche Auffassung? Wie verhalten sich die Einfälle zu der im Bisherigen allein berücksichtigten Gesetzmäßigkeit der assoziativen Verursachung?

In einzelnen Fällen findet ein erster Einfall wohl durch einen nachherigen zweiten seine Erklärung: man wird sich nachträglich bewußt, daß ein assoziatives Mittelglied doch vorhanden war oder doch sehr wahrscheinlich mitgewirkt hat. Diese Fälle scheiden natürlich aus; sie sind auch keineswegs zahlreich; es handelt sich um die übrigen, in denen ein solcher Nachweis auf keine Weise gelingt. Es liegt nahe, für ihr Zustandekommen an Reizungen zentraler Elemente aus rein physiologischen Ursachen zu denken, also durch Zufälligkeiten der Blutzirkulation, der lokalen Temperatur, des Stoffwechsels. Solche Vorgänge können ja jedenfalls nervöse Erregungen zur Folge

[1] Scripture, Über den assoziativen Verlauf der Vorstellungen. Philos. Stud. 7 S. 76; 1891. Münsterberg, Beiträge z. experim. Psychologie, Heft 4 S. 1; 1892. Howe, Mediate Association. Am. Journ. of. Psychol. 6 S. 239; 1894. Jerusalem, Ein Beispiel von Assoziation durch unbewußte Mittelglieder. Philos. Stud. 10 S. 323; 1894. Aschaffenburg (s. S. 687 Anm.) S. 244; 1895. Müller u. Pilzecker, a. a. O. S. 28 f., 218 f. Cordes, Experimentelle Untersuchungen über Assoziationen. Philos. Stud. 17 S. 62; 1901. Piéron, L'association médiate. Rev. philos. 56 S. 142; 1903.

haben, wie sich in den Impulsivbewegungen der Säuglinge, den unwillkürlichen Zuckungen im Schlaf, dem Eigenlicht der Netzhaut u. a. zeigt. Allein ihre Bedeutung für das Auftreten reproduzierter Vorstellungen dürfte doch nur eine untergeordnete sein. Es wird sich bei ihnen meist um Prozesse handeln, die jeweilig ein bestimmtes kleineres Gebiet in allen seinen Teilen ergreifen. Daß das gelegentlich zu einer Kontraktion von Muskeln oder Muskelgruppen führen kann, deren zentrale Innervationsstellen gerade in einem solchen Gebiet zusammengedrängt liegen, ist begreiflich. Die unseren Vorstellungen entsprechenden materiellen Prozesse sind aber vermutlich so fein gegliedert, d. h. so sehr an bestimmte Anordnungen und bestimmte Reihenfolgen der Erregungen gebunden (S. 561), daß sie durch so grobe Vorgänge wohl nur selten einmal hervorgebracht werden können. Vielleicht indes sind die wirren und ganz beziehungslos auftretenden Gedanken, die im Fieber, im Rausch oder Halbschlaf einander jagen, auf solche Entstehungsursachen zurückzuführen.

Eine andere Erklärungsmöglichkeit bietet sich in einer Annahme der Herbartschen Psychologie, die in etwas bestimmterer Form kürzlich von Müller und Pilzecker aufgenommen ist. Nach Herbart behält jede Vorstellung dauernd eine Tendenz, von selbst ins Bewußtsein zurückzukehren. Daß es zumeist nicht geschieht, liegt daran, daß sie durch den Gegensatz anderer daran gehindert und zurückgedrängt wird. Sobald aber die Hemmnisse aufhören, *steigt sie frei* wieder empor. Ähnlich schreiben Müller und Pilzecker jeder Vorstellung nach ihrem ersten Auftreten eine *Perseverationstendenz* zu, d. h. eine schnell abklingende Tendenz, frei ins Bewußtsein zurückzukehren. Sie ist um so stärker, je intensiver die Aufmerksamkeit auf die Vorstellung gerichtet war und je häufiger diese bald nach ihrer ersten Erzeugung wiederholt wurde. Läßt die anderweitige Inanspruchnahme des Bewußtseins nach, so treten die jüngst vergangenen Vorstellungen lediglich infolge dieser Perseverationstendenzen wieder hervor. Ich würde diese Annahme glaubhaft finden, wenn zweierlei erfüllt wäre, wenn nämlich erstens das Auftreten vergangener oder jüngst vergangener Vorstellungen während der Ruhezustände der Seele für jene Vorstellungen die große Regel bildete, von der nur einzelne von ihnen ausgenommen blieben, und wenn man zweitens bei dem Studium der nervösen Prozesse auf etwas Ähnliches gestoßen wäre wie eine solche spontane Wiederkehr von kurz zuvor durch äußere Reize hervorgebrachten Erregungskombinationen. Allein die anscheinend freie Wiederkehr bleibt im ganzen auf Einzelnes beschränkt; das Meiste kehrt nicht wieder, und darin liegt doch ein Hinweis, daß es nicht sowohl auf die Perseverationstendenzen ankommen kann, sondern

daß bestimmte positive Gründe vorhanden sein müssen, wegen deren gerade dieses Einzelne so bevorzugt wird, während die große Masse der übrigen Tendenzen unwirksam bleibt. Die nervösen Prozesse ferner zeigen zwar eine Erleichterung der Wiederhervorrufung durch die entsprechenden äußeren Reize, z. B. in der Erscheinung der Summation (S. 113), aber doch nichts von einer Tendenz zu regelmäßiger spontaner Wiederkehr einer eben dagewesenen bestimmten Erregungsform. Zur Erklärung der Einfälle bleibt mithin nur die Annahme übrig, daß ihre anscheinende Ursachlosigkeit eben nur anscheinend ist, daß hier in Wirklichkeit ganz ebensolche Ursachen obwalten, wie wir sie bei den assoziativ herbeigeführten Reproduktionen konstatieren können, nur daß sie sich hier dem Bewußtsein entziehen, daß es also Reproduktionen durch unbewußt bleibende Zwischenglieder oder *mittelbare Reproduktionen* gibt, wie man sie kurz genannt hat.

Man hat sich neuerdings mehrfach mit dem direkten Nachweis solcher Reproduktionen beschäftigt. Die Anregung dazu ist von Scripture ausgegangen. Dieser zeigte seinen Versuchspersonen zwei Wortreihen, die eine deutsch, die andere japanisch (mit lateinischen Buchstaben geschrieben), jedes Wort auf einer besonderen Karte. Auf jeder Karte befand sich außerdem noch ein japanisches Schriftzeichen, und dieses war für je ein Wort der einen Reihe und je eins der anderen identisch, sodaß also durch das Betrachten der beiden Reihen ihre Glieder paarweise zueinander in Beziehung gesetzt wurden. Es wurde nun untersucht, ob das spätere Vorzeigen eines jener Worte die Vorstellung des mit ihm in Verbindung gebrachten zu wecken vermöchte, ohne daß das ihnen gemeinsame Schriftzeichen ins Bewußtsein träte, und es ergab sich, daß allerdings häufiger zusammengehörige als nicht zusammengehörige Worte reproduziert wurden. Andere Beobachter haben bei ähnlich angestellten Versuchen ein negatives Resultat erhalten, und in der Tat dürfte bei dem Scriptureschen Verfahren die Aufmerksamkeit zu sehr auf die verbindenden Glieder gelenkt werden, als daß diese nachher unbewußt bleiben könnten. Einwandfreier scheinen mir in dieser Hinsicht die Versuche von Aschaffenburg, der bei der Durchmusterung zahlreicher durch zugerufene Worte reproduzierter Vorstellungen eine gewisse Anzahl von Gedankenfolgen fand, die anscheinend nicht anders als durch die Vermittelung unbewußt gebliebener Zwischenglieder hervorgebracht sein konnten.

Fragt man, wie es denn denkbar sei, daß nervöse Erregungen, die selbst zu schwach seien, um den ihnen zugeordneten Bewußtseinseffekt hervorzubringen, doch andere Erregungen auszulösen vermögen, die dazu die nötige Stärke besitzen, so ist zweierlei zu antworten.

Erstens kann die verschiedene Wirkung für das Bewußtsein mit dem verschiedenen Gefühlswert der einzelnen Glieder zusammenhängen. Die Mittelglieder können bedeutungslos und uninteressant für die Seele sein, die Endglieder interessant und wichtig, und durch die Stärke ihrer Gefühlsbetonung wird die geringe Intensität ihrer Verursachung aufgewogen (S. 665 f.). So weiß man bei einem auswendig gelernten Gedicht oft nicht, wie es weitergeht, aber eine glänzende Stelle, die nach einigen Zwischengliedern folgt, hat man sehr gut behalten. Zweitens aber braucht es sich gar nicht um ein unbewußt bleibendes Zwischenglied zu handeln; es können ihrer mehrere vorhanden sein. Jedes einzelne ist zu schwach, um sich als bewußtes Gebilde zur Geltung zu bringen; indem sie aber alle mit demselben Endglied assoziiert sind, fließen ihre Wirkungen in eine zusammen, und diese gewinnt dadurch die nötige Intensität, um sich, nun anscheinend unvermittelt, für das Bewußtsein durchzusetzen. Ich bin der Meinung, daß diese Art Verursachung der vermittelten Reproduktionen ganz besonders häufig ist, und daß für sie namentlich die oben besprochenen Nebenassoziationen (rückläufige und Stellenassoziationen, Assoziationen mit nebenherlaufenden Gedanken usw.) von großer Bedeutung sind. Daß unsere Einfälle besonders vielfach jüngst Vergangenes reproduzieren, würde dann daran liegen, daß die Nebenassoziationen zuerst verhältnismäßig stark sind, aber zeitlich rascher abfallen und schwinden als die Hauptassoziationen. Personen, denen leicht etwas einfällt, wären solche, bei denen die gesamte assoziative Energie, mit der sich ihre jeweiligen seelischen Erlebnisse aneinander schließen, gleichmäßiger zwischen Haupt- und Nebenassoziationen verteilt würde, während sie bei Personen, denen weniger einfällt, vorwiegend zur Bildung von Hauptassoziationen diente. Auch auf die Schwierigkeit einer direkten experimentellen Feststellung der mittelbaren Reproduktionen würde so ein Licht fallen: Nebenassoziationen haben bei solchen Experimenten verhältnismäßig wenig Gelegenheit, sich durch ihre größere Zahl gegenüber der größeren Stärke von Hauptassoziationen zur Geltung zu bringen.

§ 64. Mehrfache Assoziationen.

Um nicht von vornherein zu verwirren, sind unsere Betrachtungen bisher auf verhältnismäßig einfache Fälle beschränkt geblieben, auf die Erscheinungen, die sich bei der bloßen und sozusagen linearen Aneinanderreihung von mehreren seelischen Gebilden beobachten lassen. Aber im wirklichen Leben der Seele liegen die Dinge selten so einfach, wie sich ja auch schon darin zeigte, daß die beabsichtigte

Beschränkung nicht überall aufrecht zu erhalten war. Wenn ich ein kunstvolles Glas sehe, an was könnte ich nicht alles denken, was ich schon in Verbindung mit einem Glase erlebt habe? An seinen Zweck, seine Herkunft, seine Zerbrechlichkeit, seinen Preis, oder auch an seinen Namen und im Zusammenhang damit an sprachliche Formeln, wie Glück und Glas, Glas und Faß usw. Und wenn nun das Glas aus den vielen möglichen Vorstellungen eine bestimmte wachruft, z. B. die seiner Herstellung in der Glashütte, so ist es doch nicht sein Anblick allein, der diese herbeigeführt hat, sondern eine zufällig daneben liegende blaue Brille, die neben vielem anderen mit der Vorstellung eines Glasbläsers assoziiert war, hat mitgeholfen. Nicht in eingliedrigen Reihen hintereinander also sind unsere Vorstellungen assoziativ verknüpft und rufen sie einander hervor, sondern jede einzelne, die sich in unserem Bewußtsein geltend macht und mithin das Ausgangsglied einer Reproduktion werden könnte, ist als Ganzes sowohl wie in ihren Teilen mit zahlreichen anderen gleichzeitig assoziiert und führt in den verschiedensten Richtungen weiter: und wiederum jede einzelne, die als Endglied eines Reproduktionsaktes tatsächlich auftritt, hat den Anstoß dazu nicht von einer einzigen Vorgängerin, sondern direkt oder vermittelt von mehreren erhalten, deren verschiedenen Reproduktionstendenzen sie gerade gemeinsam war. Die hauptsächlichsten Erscheinungen, die mit diesen Verwickelungen zusammenhängen, müssen uns etwas näher beschäftigen.

1. Mehrfache Assoziationen mit gemeinschaftlichem Ausgangsglied. Besteht bereits eine Assoziation von einiger Stärke zwischen den Vorstellungen a und b, so wird dadurch die Bildung neuer Assoziationen zwischen a und beliebigen anderen Vorstellungen c, d usw. erschwert. Jede Hervorrufung von a, der dann eine Hervorrufung von c folgen soll, reproduziert zunächst die Vorstellung b oder setzt sie doch in Bereitschaft. Die Assoziation a—b wird dadurch etwas verstärkt, zugleich aber wird durch diese Konkurrenz von b die gewollte Angliederung von c an a gehindert und verlangsamt; sie erfordert einen größeren Arbeitsaufwand, d. h. mehr Wiederholungen, als wenn die Assoziation a—b nicht vorhanden wäre. Man bezeichnet diese Erschwerung und Hemmung der Bildung neuer Assoziationen durch bereits bestehende ältere als *assoziative Hemmung*.

Natürlich ist es nun durch entsprechende Häufung von Wiederholungen immer möglich, eine Assoziation a—c in jeder gewünschten Stärke neben a—b zustande zu bringen. Dann aber wirkt die teilweise Übereinstimmung und teilweise Verschiedenheit dieser beiden Assoziationen in anderer Weise. Tritt einmal das ihnen gemeinsame Ausgangsglied a ins Bewußtsein, so werden gleichzeitig zwei

Reproduktionstendenzen wirksam: die eine ist auf die Weckung von b, die andere auf die von c gerichtet. Da beide aber im allgemeinen nicht gleichzeitig verwirklicht werden können, etwa durch Bildung einer Mischvorstellung, so müssen sie sich wechselseitig beeinträchtigen und stören. Jede der konkurrierenden Reproduktionstendenzen schwächt die Wirkungsfähigkeit der anderen; sie vermindert die Sicherheit und die Schnelligkeit, mit der die andere sich ohne solche Konkurrenz zur Geltung bringen würde. Bei annähernd gleicher Stärke der beiden Tendenzen vermögen sie sich wohl vollständig zu paralysieren: zur tatsächlichen Reproduktion einer der beiden Vorstellungen kommt es gar nicht. Man kann diesen Vorgang als *reproduktive Hemmung* bezeichnen.

Beiden Erscheinungen sind wir früher schon begegnet. Infolge reproduktiver Hemmung geschieht es, daß bei dem unvermittelten Auftreten sehr beziehungsreicher Vorstellungen, z. B. bei plötzlich zugerufenen vielgebrauchten Worten, die Vorstellungsbewegung häufig eine kleine Weile ins Stocken gerät. Vor der Fülle dessen, was einem (wie man sich oft deutlich bewußt ist) alles einfallen könnte, fällt einem zunächst gar nichts ein (S. 688). Mit der assoziativen Hemmung andererseits hängt die Unzweckmäßigkeit der stückweisen Einprägung eines Stoffes zusammen, da durch sie zuerst Assoziationen zwischen dem Ende und dem Anfang der einzelnen Teile geschaffen werden, die unmittelbar nachher durch andere ersetzt werden müssen (S. 670).

Zugleich aber haben beide Erscheinungen eine weit über solche kleinen Dinge hinausragende Bedeutung, namentlich die assoziative Hemmung. Auf ihr beruht z. B. die ungeheure Schwierigkeit der Beseitigung angelernter Fehler, eingewurzelter Gewohnheiten u. dergl. Das zu lernende Richtige oder das anzugewöhnende Neue besteht durchweg aus Elementen, die auch für das Alte schon Verwendung fanden; nur sind sie jetzt in anderen Kombinationen oder auch mit neuen Elementen untermischt einzuprägen (z. B. beim Erlernen eines anderen Fingersatzes für eine schwierige Figur auf dem Klavier oder der richtigen statt der falschen Nasenlaute im Französischen). Eben dadurch aber finden die neuen Assoziationen bei einiger Festigkeit der alten an diesen schwere Hindernisse, die oft erst nach langem Kampfe überwunden werden können. Unzureichender Unterricht in den Elementen einer fremden Sprache, des Gesanges, Klavierspiels usw. ist daher nicht etwa bloß minder förderlich als guter Unterricht; er kann positiv schädigend sein durch den enormen Einfluß, den die anerzogenen Fehler dauernd behalten. Bekanntlich empfiehlt Rousseau, nichts lernen zu lassen dadurch, daß man es bloß sagt, sondern

dadurch, daß man es einsehen und konstruieren läßt: „der Zögling erlerne die Wissenschaft nicht, er erfinde sie". Vortrefflich, in einer Hinsicht: das Finden fördert die geistige Selbständigkeit des Zöglings, und das aus dem Zusammenspiel vieler seiner Vorstellungen Geborene ist in ganz anderer Weise hinfort sein geistiges Eigentum als das bloß an die eine oder andere Vorstellung Angegliederte. Aber ohne Einschränkung vortrefflich nur, soweit der Zögling richtig findet. Jeder falsche Fund prägt nicht gewollte Vorstellungen mit derselben Festigkeit ein, die nur für die richtigen wünschenswert ist, und macht deren spätere Aneignung dann besonders schwierig. Das Findenlassen ist mithin da, wo überwiegend falsch gefunden wird, noch nicht recht am Platze, und auch in den übrigen Fällen wird es vorteilhaft sein, wenn der überwachende Lehrer ein voraussichtliches Irregehen der Gedanken rechtzeitig erkennt und nun sogleich mit dem Richtigen dazwischen fährt.

Auch experimentell hat man das Bestehen assoziativer und reproduktiver Hemmungen nachgewiesen, allerdings noch nicht so, daß man die Anteile der beiden Arten hätte gesondert ermitteln können.[1] Bergström ließ Pakete von 80 gut gemischten Karten sortieren, von denen immer je 8 dasselbe Wort oder einfache Bild trugen. Gleiche Karten mußten mit möglichster Schnelligkeit an bestimmten Stellen des Tisches aufgehäuft werden, aber bei zwei aufeinander folgenden Verteilungen war die Anordnung der den einzelnen Kartenarten zugewiesenen Stellen jedesmal eine andere. Hierbei wurde nun durchweg für die Verteilung eines zweiten Kartenpaketes mehr Zeit gebraucht als für die eines ersten. Folgte die zweite Verteilung unmittelbar auf die erste, so war die Verlangsamung ziemlich beträchtlich, 36 $^0/_0$ im Durchschnitt mehrerer Individuen. Bei wachsender Zwischenzeit zwischen den beiden Verteilungen nahm sie dann zuerst rasch, später langsamer ab; nach 8 Minuten Zwischenzeit betrug sie noch 16 $^0/_0$. Bekam die Versuchsperson nach Verteilung von zwei Paketen in verschiedenen Anordnungen noch ein drittes Paket wieder in der ursprünglichen Anordnung zu sortieren, so ergab sich ein gemischtes Resultat: infolge der Hemmungswirkung der bei der zweiten Verteilung gestifteten Assoziationen wurde jetzt mehr Zeit gebraucht als bei der ersten Verteilung des ganzen Versuchs, aber infolge der gleichzeitig bereits erworbenen Übung für die erste Anordnung war

[1] Ebbinghaus, a. a. O. S. 156 f. Müller u. Schumann, a. a. O. S. 173 f. Bergström, Experiments upon Physiological Memory by means of the Interference of Associations. Am. Journ. of Psychol. 5 S. 356 u. 6 S. 267. The Relation of the Interference to the Practice Effect of an Association. Ebenda 6 S. 433. Müller u. Pilzecker, a. a. O. § 12—29.

die Verlangsamung doch nicht so erheblich wie bei der zweiten Verteilung. Sehr zahlreiche Untersuchungen haben Müller und Pilzecker mit sinnlosen Silben über den Gegenstand angestellt, und zwar nach folgendem Prinzip. Sie stellten eine Anzahl von Silbenpaaren zusammen, deren je zwei nach dem Schema a—b und a—c gebildet waren, d. h. je dasselbe Anfangsglied und verschiedene Endglieder hatten. Dann ließen sie trochäische Reihen einprägen, in denen, untermischt mit beliebigen anderen Trochäen, sämtliche Silbenpaare a—b enthalten waren, und hinterher andere Reihen, in denen, wieder untermischt mit beliebigen anderen Trochäen, sämtliche Paare a—c vorkamen. Schließlich prüften sie die Festigkeit der entstandenen Assoziationen vermittelst des Trefferverfahrens und fanden ausnahmslos, daß die doppelt assoziierten Silben a weniger Treffer lieferten als die betonten Silben der mit ihnen untermischt gelernten beliebigen Trochäen.

Eine erwähnenswerte Folgerung ergibt sich noch aus diesen Hemmungserscheinungen für die oben (S. 664) erwähnten Nebenassoziationen. Wir sahen dort, daß bei der Einprägung einer Reihe von Gliedern m n o p ... beispielsweise für n als Ausgangsglied eine große Anzahl verschiedener Assoziationen gebildet wird: n—o, n—m, n—p usw. Jetzt haben wir erfahren, daß Assoziationen mit gemeinschaftlichem Ausgangsglied sich in ihrem Zustandekommen und ihrer reproduktiven Wirkung beeinträchtigen. Es fragt sich, wie sich diese beiden Tatsachen zueinander verhalten, in welcher Weise sie, da sie doch einen gewissen Gegensatz zueinander bilden, gleichwohl nebeneinander bestehen. Darüber geben Versuche Auskunft, die ich über die Verstärkung jener Nebenassoziationen durch sehr erhebliche Häufung von Wiederholungen angestellt habe. Es zeigte sich, daß sie im Vergleich mit den Hauptassoziationen nur äußerst langsam an Festigkeit zunehmen. Wurden 12silbige Reihen an einem ersten Tage teils 16, teils 64 mal aufmerksam durchgelesen und nach 24 Stunden auswendig gelernt, so geschah dies gegenüber ganz unbekannten Reihen mit einer Ersparnis von rund 16 und 64 %. Wurden dagegen aus den durchgelesenen Reihen andere abgeleitet, bei denen die Hauptassoziationen beseitigt und nur gewisse Nebenassoziationen wirksam geblieben waren, so geschah deren Erlernen mit Ersparnissen von 8 und 13 %. Dieselbe Steigerung von Wiederholungen also, die unter Beteiligung der Hauptassoziationen eine Steigerung der Wirkung vom Einfachen auf das Vierfache bewirkte, vermochte die bloßen Nebenassoziationen nur ganz unbedeutend, vom Einfachen auf das Anderthalbfache, zu verstärken. Augenscheinlich verhält sich demnach die Sache so. Die assoziierende Kraft weniger

Wiederholungen verteilt sich mit nicht allzu großen Verschiedenheiten auf die Bildung von Haupt- und von Nebenassoziationen. Je mehr aber durch Steigerung der Wiederholungszahl die Hauptassoziationen an Stärke zunehmen, desto stärker wirken sie zugleich hemmend auf die Nebenassoziationen, und so kommen in immer steigendem Übermaß die späteren Wiederholungen vorwiegend den Hauptassoziationen zugute. Daß dies in noch höherem Maße bei der Einschiebung von Pausen zwischen die Wiederholungen der Fall ist (S. 657), wird hiervon nicht berührt.

2. Mehrfache Assoziationen mit gemeinschaftlichem Endglied. Sehe ich die Schriftzeichen *latte* in Verbindung mit einem deutschen oder französischen Wort, so reproduzieren sie die Vorstellung eines langen Holzstabes, in Verbindung mit einem italienischen Wort die Vorstellung Milch. Höre ich von einer flachen oder steilen Terz, so denke ich an einen Hieb, bei einer großen oder kleinen Terz an ein musikalisches Intervall. Ich vergegenwärtige mir die Friedrichstraße in Berlin, in Breslau, in Düsseldorf, und jedesmal steht ein vollständig anderes Bild vor meinem geistigen Auge. Wir haben hier Beispiele der zweiten oben (S. 694) erwähnten Verwickelung des assoziativen Geschehens: eine tatsächlich zustande kommende Reproduktion beruht in der Regel nicht auf einer einzelnen vorangegangenen Vorstellung, sondern auf einer Mehrheit, deren mannigfache Reproduktionstendenzen sich in ihr sozusagen kreuzen. Wie die jeweilig im Bewußtsein hervortretenden Vorstellungen nach vorwärts in verschiedenen Richtungen und zu verschiedenen Endgliedern weiterführen, die sich wechselseitig hemmen und beeinträchtigen, so sind sie von rückwärts selbst aus verschiedenen Richtungen und aus dem Zusammenwirken verschiedener Anfangsglieder zusammengeflossen, die sich wechselseitig fördern und unterstützen. Jede von ihnen verdankt ihr Dasein einer ganzen *Konstellation* von Vorstellungen (wie man mit Ziehen sagen kann), einer Assoziationsschar, die bei verschiedenen Ausgangsgliedern in ihr ein gemeinsames Endglied besitzt.[1]

Von großer Wichtigkeit für diesen Vorgang ist nun, daß die eine bestimmte Reproduktion fördernden Glieder keineswegs alle im Bewußtsein besonders hervorzutreten brauchen. Sie können in ihm auch eine ziemlich untergeordnete Rolle spielen und doch für die Bestimmung des Vorstellungsverlaufs von Bedeutung bleiben; wobei aller-

[1] Ziehen, Leitfaden der physiologischen Psychologie. 6. Aufl., S. 182. S. auch v. Kries, Über die Natur gewisser mit den psychischen Vorgängen verknüpfter Gehirnzustände. Zeitschr. für Psychologie 8 S. 1; 1895.

dings in der Regel durch größere Anzahl der Glieder ersetzt wird, was den einzelnen an Energie abgeht. In einer physikalischen Abhandlung verstehe ich das Wort Arbeit ohne weiteres in einem ganz anderen Sinne als in einer sozialpolitischen, auch wenn es nicht durch Beiworte näher bestimmt ist, sondern ganz für sich allein auftritt. Es ist der ganze Zusammenhang der Darstellung, obschon dieser in dem einzelnen Moment nur unvollkommen und lückenhaft bewußt ist, der doch in jedem Falle eine bestimmte Deutung erzwingt. Man setzt sich ans Klavier und spielt ohne weiteres für dieselben Notenzeichen ganz verschiedene Töne, je nachdem ihnen ein Violin- oder Baßschlüssel vorgezeichnet ist. Die Vorstellung der beiden Schlüssel bleibt dabei überwiegend völlig im Hintergrunde des Bewußtseins; aber indem sie unterstützt wird durch eine bestimmte räumliche Anordnung der beiden Notensysteme und durch die Nachwirkung der kurz vorher in jedem System richtig interpretierten Zeichen, entfaltet sie doch jederzeit eine ausreichende Wirksamkeit.

Die ganze Einheitlichkeit und Stetigkeit unseres Seelenlebens für kleinere und größere Zeitabschnitte hat hier ihre wesentlichste Grundlage. Neben der Enge des Bewußtseins ist es dieses stete Zusammenwirken zahlreicher bewußter und unbewußter Reproduktionstendenzen zur Hervorrufung gleicher Zielvorstellungen, wodurch sie zustande kommt. Ich breche abends meine Arbeit ab, gehe aus und schlafe hinterher viele Stunden, ohne an sie zu denken. Am nächsten Morgen werde ich zunächst durch Ankleiden und Frühstücken, Briefe und Zeitungen mannigfach in Anspruch genommen und zerstreut, aber sobald ich mein gewohntes Arbeitszimmer betreten, den gewohnten Platz an meinem Schreibtisch eingenommen und meine letzten Aufzeichnungen flüchtig angesehen habe, ist alle Zerstreutheit verschwunden, und die gestrigen Gedanken sind wieder da. Kinder, die gleichzeitig mehrere Sprachen lernen, fallen bekanntlich verhältnismäßig selten aus einer in die andere. Die bloßen Sachvorstellungen könnten sie davor kaum schützen; sie würden sie bald in das eine, bald in das andere Sprachgebiet reißen. Aber die Sprache, in der sie oder die Umgebung zufällig zu reden begonnen haben, läßt sie nicht wieder los; die mannigfachen, von ihren Worten ausgehenden reproduktiven Anregungen führen immer wieder nur zu Worten derselben Sprache. Und so hat jede Lage und jede Beschäftigung, wie man sagen kann, eine gewisse Tendenz, durch die zahlreichen, in ihr gegebenen und immer wieder zu ihr zurückführenden assoziativen Ausgangspunkte die Seele bei sich festzuhalten und innerhalb der unablässig abseits führenden äußeren und inneren Anregungen vor Zerfahrenheit zu bewahren. Aus dem gleichen Grunde aber

verleiht jede eigenartige Gesamtlage, in der sich die Seele befindet, auch ihrem Vorstellungsleben einen eigenartigen und unter anderen Umständen so nicht wiederkehrenden allgemeinen Charakter. Im wachen Zustande ist der Mensch ein anderer als im Traume oder in der Hypnose. Die sogenannte objektive Wirklichkeit bedingt dort eine Fülle von besonderen Determinationen des Vorstellungsverlaufs, die hier fehlen oder vielmehr durch andere Determinationen einer anders gestalteten Wirklichkeit ersetzt sind. Daher hat auch das wache Leben seine Kontinuität, und das Traumleben, der hypnotische Zustand usw. wieder seine Kontinuität; und abgesehen davon, daß sie größtenteils aus denselben Elementen bestehen, haben diese verschiedenen Phasen des geistigen Daseins nicht viel miteinander zu tun. Daß man geistig Erkrankte sobald als möglich aus ihrer bisherigen Umgebung (von Personen und Sachen) entfernen und sie nach erfolgter Wiederherstellung nicht zu früh in jene Umgebung wieder zurückbringen soll, hat ebenfalls hier seine Gründe. Indes diese Dinge können uns erst später eingehender beschäftigen.

3. Mehrfache Assoziationen zwischen denselben Gliedern. Dieser dritte Fall vereinigt gewissermaßen die beiden vorher betrachteten: von einem Ausgangsgliede gehen Reproduktionstendenzen nach verschiedenen Richtungen aus, sie vereinigen sich aber wieder in demselben Endglied, wodurch natürlich die Reproduktion des einen Gliedes durch das andere eine besonders sichere wird. Mit der wichtigsten Erscheinung, die hierher gehört, haben wir schon oben zu tun gehabt: alles, was man als Sinn, Zusammenhang und Zusammengehörigkeit bezeichnet, besteht in solchen Verknüpfungen derselben Glieder durch eine Mehrheit von Assoziationsbahnen. Ein Wort hat Sinn, das heißt: die in ihm enthaltenen Laute hängen nicht bloß in der Weise zusammen, die durch ihre Aufeinanderfolge gegeben ist, sondern sie sind zugleich noch mit einer ihnen allen gemeinschaftlichen Vorstellung eines sichtbaren oder greifbaren Dinges, einer einheitlichen Handlung u. dergl. verbunden. Und dementsprechend hat auch ein Satz Sinn, wenn die ihn zusammensetzenden Worte und die mit diesen verbundenen Vorstellungen nicht bloß durch ihre Aufeinanderfolge, sondern außerdem noch durch eine ihnen allen zugleich assoziierte Vorstellung eines Ganzen zusammengehalten sind, indem sie z. B. verschiedene Teile einer einheitlichen Anschauung oder verschiedene Glieder eines einheitlichen Gedankens bilden. Das Verhältnis wiederholt sich, wenn mehrere einfache Sätze wieder zu einem größeren zusammengefaßt sind, sowie wenn dieser auch im Verein mit benachbarten Sätzen oder an dem

Ort, wo man ihn aufgezeichnet findet usw., Sinn hat. Ein Satz hat dagegen keinen Sinn, soweit solche seine Glieder in engeren und weiteren Kreisen zusammenschließenden Assoziationen mit höheren und niederen Einheitsvorstellungen fehlen, und er ist im höchsten Grade sinnlos, wenn selbst die ihn bildenden Lautkombinationen durch nichts weiter assoziativ verbunden sind als durch ihre Aufeinanderfolge in einer eingliedrigen Reihe, d. h. wenn ich nicht einmal die Bedeutung seiner einzelnen Worte verstehe.

Aber noch manches andere gehört hierher, z. B. die syntaktische Gesetzmäßigkeit einer Sprache, bei der gebundenen Rede außerdem Rhythmus, Reim u. a. Das zweite Glied eines Reimpaares ist mit dem ersten einmal durch die Vermittlung der die beiden verbindenden Worte, ferner durch die ihnen allen gemeinsame Sachvorstellung assoziativ verknüpft, außerdem aber noch direkt und in besonders wirksamer Weise durch seinen Gleichklang. Die Syntax einer Sprache verlangt im allgemeinen in einer gewissen Gegend des Satzes das Objekt, in einer anderen das Partizipium usw. Bei der Reproduktion eines eingeprägten Satzes werden also die Vorstellungen der einzelnen Worte erstens durch die ihnen unmittelbar vorangehenden Worte und den Sinn des Ganzen, zweitens aber auch dadurch geweckt, daß sie als Worte von bestimmter Form an bestimmten Stellen der ganzen Reihe aufzutreten haben.

Für die Praxis des Lernens ist das Vorhandensein mehrerer Assoziationsbahnen zwischen denselben Gliedern wegen der damit verbundenen gesteigerten Sicherheit der Reproduktion von großer Bedeutung. Wo daher die einzuprägenden Stoffe an sich solche mehrfachen Verbindungen nicht haben, ist es oft vorteilhaft, sie künstlich hineinzubringen. Das ist der Sinn der verschiedenen Gedächtnishilfen. Man bringt Regeln und ihre Ausnahmen in gereimte Verse, stellt Beziehungen her zwischen den Namen von zeitlich aufeinander folgenden Personen und dem Alphabet (Anaximánder—Anaxímenes), verknüpft ein Wort mit seiner Bedeutung in einer fremden Sprache oder eine Sache mit ihrem Zahlenwert durch Hinzudenken eines Mittelgliedes (Kralle—greifen—griffe, Seemeile—Sebastopol—1855), oder endlich man merkt sich eine Mehrheit von Namen durch Zusammenstellung ihrer Anfangsbuchstaben oder ihrer Anfangssilben zu einem mehr oder weniger sinnvollen Ganzen (Cabal für die 5 Minister Karls II. von England, Kliometerthal Euer Urpokal für die 9 Musen) usw. Natürlich ist damit zunächst ein gewisser Mehraufwand von Arbeit verbunden: in die Memorierverse muß, ganz abgesehen von der Mühe ihrer Herstellung, zur Ausfüllung noch mancherlei anderes aufgenommen werden als das, worauf es ankommt; die gehörige Befestigung der Hilfsassoziationen erfordert unter Umständen zahlreiche Wiederholungen. Aber wenn die Hilfen einigermaßen geschickt gewählt sind, z. B. mit Benutzung bereits bestehender Verbindungen, und wenn andererseits die zu verknüpfenden Dinge einer direkten und dauernden Einprägung Schwierigkeiten bereiten (wenn sie z. B. wie Regentennamen und deren Jahreszahlen wegen mannigfacher Ähnlichkeiten leicht durcheinander geraten), sind

die schließlichen Vorteile doch oft weit überwiegend. Allgemein anwendbare Verfahrungsweisen zu liefern zur Erleichterung der Einprägung durch mehrfache Assoziationen ist die Absicht der *Mnemotechnik*, die z. B. für das Behalten von Zahlen nicht üble Dienste leistet. Ihre gegenwärtig gebräuchlichen „Systeme“ beruhen durchweg auf dem Verfahren des Dänen Karl Otto gen. Reventlow.[1] Die einzelnen Ziffern werden ein für allemal durch bestimmte und leicht zu merkende Konsonanten ersetzt. In jedem Einzelfalle werden diese dann durch beliebige Vokale zu sinnvollen und zu der Bedeutung der einzuprägenden Zahl irgendwie in Beziehung stehenden Worten verbunden; z. B. 3 = *m* (wegen der Form), 4 = *r* (wegen vier, quatuor), 7 = *s* (wegen sieben, septem), und dann 347 Tod Platos = Mors.

4. Reproduktionsstatistik.[2] Im Zusammenhang mit den oben (S. 687) erwähnten Untersuchungen über Reproduktionszeiten hat man vielfach versucht, die Mannigfaltigkeit der tatsächlich vorkommenden Reproduktionen nach bestimmten allgemeinen Gesichtspunkten zu ordnen und die relative Häufigkeit des Vorkommens der einzelnen Arten unter verschiedenen Umständen festzustellen. Man hat so mit Wundt als Hauptformen meist äußere und innere Assoziationen unterschieden, je nachdem der Zusammenhang der reproduzierten Vorstellungen bloß auf früherer Gleichzeitigkeit des Vorkommens oder auf einer inneren Verwandtschaft beruhe. Die äußeren Assoziationen sind dann, z. B. von Kraepelin, weiter eingeteilt worden in Assoziationen nach bloßer Klangähnlichkeit (Tatze—Glatze), Assoziationen nach sprachlichen Reminiszenzen (Schnee—ball) und Assoziationen nach sonstiger räumlich-zeitlicher Koexistenz (Tisch—Stuhl); die inneren Assoziationen in solche der Neben- und Unterordnung (Löwe—Tiger, Blume—Nelke) und in Aussageassoziationen (Wunde—brennt). Andere Autoren folgen anderen Gesichtspunkten.

Recht befriedigende Resultate indes haben alle diese Arbeiten bisher nicht ergeben. Zum Teil liegt dies daran, daß jene Einteilungsgesichtspunkte vielfach keine psychologische, sondern eine andere, wie logische oder grammatische, Bedeutung haben. Psychologisch betrachtet

---

[1] Reventlow, Lehrbuch der Mnemotechnik. 2. Aufl. 1847. Kothe. Gedächtniskunst. 8. Aufl. 1898.

[2] Die S. 687 Anm. genannten Arbeiten von Galton, Trautscholdt, Kraepelin kommen auch hier in Betracht. Außerdem Ziehen. Die Ideenassoziation des Kindes. I. 1898. Aschaffenburg, Experimentelle Studien über Assoziationen. II. Kraepelins Psychol. Arb. 2 S. 1; 1899. Sommer, Lehrbuch der psychopathologischen Untersuchungsmethoden, S. 326; 1899. Thumb u. Marbe, Experimentelle Untersuchungen über die psychologischen Grundlagen der sprachlichen Analogiebildung; 1901. Oertel, On the Association of Numerals. Am. Journ. of Philology 22 S. 261; 1902. Claparède. L'association des idées S. 206. Watt, Über Assoziationsreaktionen, die auf optische Reizworte erfolgen. Zeitschr. f. Psychol. 36 S. 417; 1904.

sind z. B. alle Assoziationen äußere. Etwas anderes als das gleichzeitige Vorkommen in der Seele hat ihre Glieder nicht zusammengebracht. Unterschiede bestehen nur darin, ob die assoziative Verbindung einfach oder mehrfach ist, ob sie z. B. bloß von einem Wort zu einem anderen oder zugleich noch durch die Sachvorstellung eines einheitlichen Objektes, einer einheitlichen Handlung hindurch geht, sowie ferner darin, ob die Assoziationen direkt von einem Gliede zu dem anderen gehen, oder durch Zwischenglieder vermittelt sind, wie zum Teil bei den sog. Ähnlichkeitsassoziationen. Zweitens aber — und darin liegt eine andere und größere Schwierigkeit — ist eine bestimmte Einordnung einzelner Assoziationen in fest abgegrenzte irgendwoher gewonnene Klassen in den meisten Fällen gar nicht möglich. Einige charakteristische Gruppen, wie Klangassoziationen oder sprachliche Reminiszenzen, lassen sich vielleicht mit einer gewissen Sicherheit aus der Masse der übrigen herausschälen und in ihrer Vermehrung oder Verminderung unter verschiedenen Umständen verfolgen. Aber im ganzen sind alle unsere Einteilungen gegenüber der Vielseitigkeit und den Verwickelungen der wirklichen psychischen Vorgänge viel zu starr, um diesen nicht Gewalt anzutun. Wenn jemand auf den Zuruf des Wortes „Wunde“ mit „brennt“ reagiert, ist es eine sprachliche Reminiszenz, die ihn geleitet hat, „die Wunde brennt, die bleichen Lippen beben“, oder eine Reproduktion des Empfindungserlebnisses? Oder wenn er „Kaffee“ mit „Tee“ beantwortet, hat ihn die Ähnlichkeit der Umstände, unter denen man beide genießt, dazu veranlaßt, oder die Ähnlichkeit ihrer Wirkung und ihre Zugehörigkeit zu einer bestimmten Klasse von Stoffen, oder endlich die einfache Tatsache, daß er beide Worte auf Schaufenstern, in Preisverzeichnissen, in Gasthäusern zahllose Male zusammen gesehen oder gehört hat? Das wird sich auch durch Befragung der Versuchspersonen nicht ausreichend ermitteln lassen. Vermutlich doch haben jedesmal mehrere der überhaupt möglichen Reproduktionsursachen zusammengewirkt, auch wenn es der Versuchsperson, noch dazu hinterher, nicht zu klarem Bewußtsein kommt. Damit aber entfällt die Möglichkeit einer bestimmten Klassifizierung solcher Assoziationen.

Natürlich fehlt es aber nicht an interessanten Einzelheiten, die sich durch die reproduktionsstatistischen Untersuchungen ergeben haben. So fand z. B. Galton, und Spätere bestätigten es, daß, soweit ein Urteil möglich ist, ein verhältnismäßig großer Teil der auf plötzlichen Anruf reproduzierten Vorstellungen bereits in der Kindheit und Jugend erworben wurde, während ein geringerer Prozentsatz, als man zunächst vermuten sollte, der jüngsten Vergangenheit angehört. Aschaffenburg beobachtete, daß die im normalen Zustande nicht

sehr häufigen Klangassoziationen und überhaupt die rein sprachlichen Assoziationen im Zustande der Erschöpfung erheblich zahlreicher werden. Nach Marbe und Thumb (deren Befund durch Watt bestätigt wurde) gehören die reproduzierten Worte nach ihrem grammatischen Charakter und auch nach ihrer Bedeutung überwiegend denselben Gruppen an wie die Reizworte. Auf Substantiva wird also vorwiegend mit Substantiven, auf Verwandtschaftsworte vorwiegend mit Verwandtschaftsworten, auf Zahlworte mit Zahlworten geantwortet. Ähnlich ist das Resultat von Sommer, daß die Reaktionen fast immer homosensoriell sind, d. h., daß Reizworte und Reaktionsworte demselben Empfindungsgebiet angehören. Eine interessante Ergänzung dazu aber geben die Versuche Oertels, der von seinen Versuchspersonen nicht wie in der Regel bei diesen Untersuchungen eine möglichst schnelle Beantwortung des Reizwortes mit einem anderen verlangte, sondern ihnen dazu die bequeme Zeit von 20 Sekunden verstattete. Die Assoziationen tragen dann einen ganz anderen Charakter. Während z. B. Zahlworte bei schneller Reaktion ganz überwiegend mit dem nächsthöheren Zahlwort beantwortet werden (3—4, 7—8), spielen bei langsamer Reaktion kleine Sätzchen oder sonstige sinnvolle Zusammenhänge, in die die Zahlen als Bestandteile eingehen, eine viel größere Rolle (5 — die 5 Sinne, 7 — die 7 Hügel Roms, 8 — Treff-8). Die anscheinend geringfügige Änderung der Versuchsbedingungen bewirkt also eine ganz verschiedene Einstellung der Seele und damit einen völlig anderen Verlauf ihres Gedankenspiels.

5. Abschluß. Im Jahre 1777 schrieb ein angesehener Psychologe, Tetens: Da jede Vorstellung beinahe mit jeder anderen irgend eine Ähnlichkeit habe, und da ferner auch jede Vorstellung mit zahlreichen anderen irgendwann einmal zusammen vorgekommen sei, so gebe das Assoziationsgesetz „die wahre Folge der Ideen nicht bestimmter an, als wenn man sagte: auf eine gegenwärtige Idee kann fast eine jedwede andere folgen“. Und seine weitere Meinung ist dann, daß der Verlauf der Vorstellungen in unserem Seelenleben noch durch manche andere Kräfte, wie eine Einbildungskraft, eine Denkkraft usw., mitbestimmt, oder vielmehr in der Hauptsache allein durch diese bestimmt werde. Solche Meinungen haben auch heute noch ihre Vertreter, obwohl die Arbeit eines Jahrhunderts dazu geführt hat, daß sie seltener geworden sind und sich auch in der Zahl jener Kräfte Beschränkung auferlegt haben. Mit der zunehmenden Einsicht in den oben dargelegten Zusammenhang der Dinge und dem zunehmenden Verständnis für die Tragweite des Assoziationsgesetzes werden sie ganz verschwinden.

Allerdings ist jede gegenwärtige Vorstellung als Ganzes oder in ihren Teilen fast ausnahmslos früher schon mit zahlreichen anderen zusammen bewußt gewesen, und insofern also besteht für jede eine große und oft unübersehbare Fülle von allgemeinen Reproduktionsmöglichkeiten. Aber gleichwohl sind es nun nicht andere, von der assoziativen Gesetzmäßigkeit zu unterscheidende oder über sie erhabene Kräfte, die den Fortgang der Gedanken bestimmen, sondern allein der Wettbewerb jener Tendenzen. Die durch das bloße Zusammengewesensein zweier Vorstellungen gestifteten Assoziationen haben je nach den mannigfachen Bedingungen und begleitenden Umständen, die wir kennen lernten, sehr verschiedene Stärkegrade. Da kommt es an, wie wir sahen, vor allem auf die Häufigkeit und die zweckmäßigste Verteilung der Wiederholungen und demgegenüber auf den Gefühlswert und das den einzelnen Paaren anhaftende Interesse, daneben dann auf das verschiedene Alter der Assoziationen, auf das Vorhandensein gleichverlaufender Assoziationsbahnen, auf die wechselseitigen Hemmungen und Förderungen durch andere Assoziationen mit denselben Ausgangs- oder denselben Endgliedern usw. Diese verschiedenen Faktoren, die nichts dem Assoziationsgesetz Fremdes und Feindliches, sondern lediglich die näheren Bestimmungen seiner Wirksamkeit sind, und die nur deshalb mit seiner ersten Formulierung nicht gleich alle erwähnt werden konnten, weil ihrer zuviele sind, ergeben eine vollkommen zureichende und eindeutige Bestimmung der in jedem Falle tatsächlich eintretenden Reproduktion. Diejenige Vorstellung wird sich jedesmal vor den übrigen durchsetzen, die sozusagen in der Resultante aller jener ihr Hervortreten bedingenden Einflüsse den anderen überlegen ist. Die anscheinend sonst noch mitwirkenden und anscheinend regelnd oder abändernd in das Assoziationsspiel eingreifenden Kräfte aber bestehen, wie die spätere Darstellung zeigen wird, in nichts als in eigenartigen Verwickelungen der oben als maßgebend erkannten Umstände.

Über die materielle Grundlage der Reproduktionserscheinungen braucht nicht mehr viel hinzugefügt zu werden. Ein sicheres Wissen über sie und eine Vorstellung von ihrer Gestaltung im einzelnen besitzen wir nicht; was wir im allgemeinen über sie zu vermuten vermögen, wurde schon bei früheren Gelegenheiten berührt, so bei Behandlung der Großhirnfunktionen (S. 154), der Vorstellungen (S. 559) und zuletzt der Ähnlichkeitsassoziationen (S. 641). Daß die einzelnen Vorstellungen und die ihnen entsprechenden materiellen Zustände, wie man sich zunächst wohl denken mag, etwas irgendwie Beharrendes seien, und ihre Reproduktion eben in dem Hervortreten solcher dauernd fortexistierenden Realitäten aus einer eigenartigen Verborgenheit be-

stehe, ist eine kindliche und unmögliche Auffassung. Die nervösen Erregungen sind nichts Bleibendes und Beständiges. Von den Zellen und Fasern, in denen sie zuerst durch äußere Reize hervorgerufen werden, strahlen sie sogleich aus auf andere Elemente, von diesen wieder auf andere; schließlich münden sie in irgendwelchen Bewegungsorganen und sind vorüber. Wie wären ferner jene merkwürdigen pathologischen Erscheinungen des Verlustes bestimmter Wortarten und des Übrigbleibens anderer (S. 685) verständlich, wenn man es hier mit beharrenden materiellen Substraten zu tun hätte? Diese können doch nicht nach grammatikalischen Klassen geordnet im Gehirn aufbewahrt sein, noch auch die Krankheiten immer gerade mit der Zerstörung bestimmter Aufbewahrungsorte ihren Anfang nehmen. Was hier als beharrend gedacht werden kann, ist allein eine Fähigkeit oder *Disposition* der nervösen Elemente, später in eben den Gruppierungen immer leichter wieder erregt zu werden, in denen sie vorher bereits erregt wurden, und sich auch wechselseitig ihre Erregungen zuzustrahlen, wenn diese einmal nur bei einem Teil eines funktionell zusammengehörigen Komplexes von der Peripherie her veranlaßt sind. Die den verschiedenen Vorstellungen entsprechenden materiellen Bildungen hinterbleiben also nicht in irgendwelcher Ähnlichkeit mit dem, was während des bewußten Daseins ihrer Vorstellungen verwirklicht ist, sondern sie vergehen, um in dem Akte der Reproduktion jedesmal neu erzeugt zu werden. Aber es verbleiben Prädispositionen des einer jeden Vorstellung oder Vorstellungsgruppe zugehörigen Zellennetzes, in eben der Anordnung und Aufeinanderfolge, in der es bereits funktioniert hat, immer leichter wieder in Erregung zu geraten.

Anderweitige materielle Analogien für diesen vorauszusetzenden Vorgang gibt es nicht; er ist, wie der in der Erscheinung des Aufmerkens zum Bewußtsein kommende Selektionsprozeß, etwas allein dem nervösen Gewebe Eigentümliches und einzig an ihm Verwirklichtes. Aber ähnliche Verhältnisse zwischen vielfach entstehenden und vergehenden materiellen Zuständen und zurückbleibenden Dispositionen zu ihrer leichteren Wiedererzeugung finden sich allerdings auch anderswo, und mit ihrer Hilfe läßt sich das Gesagte wenigstens teilweise erläutern. Ein um seine Längsachse gedrillter Draht setzt gleichgerichteten neuen Drillungen immer geringeren Widerstand entgegen, je häufiger und andauernder er diese Veränderung seines Gefüges erlitten hat. Aber was in ihm fortbesteht, als Nachwirkung der vorangegangenen Drillungen und als materielle Grundlage der Widerstandsverminderung gegen ihre Wiederholung, sind nicht etwa feine Torsionen seiner kleinsten Teile. Der Draht kann vielmehr vollständig in seine Gleichgewichtslage zurückgekehrt sein, ja er kann direkt entgegengesetzt gedrillt oder beliebig anders deformiert werden; sobald eine auf Wiederherstellung der ursprünglichen Drillungen gerichtete Kraft auf ihn einwirkt, folgt er ihr doch wieder bereitwilliger und mit einer größeren Abweichung aus der

Gleichgewichtslage als ursprünglich. Ähnlich wird ein zum Verschnüren von Gegenständen gebrauchter Strick für diesen Zweck immer geeigneter, je häufiger er ihn hat erfüllen müssen. Aber nicht etwa dadurch, daß kleine Knötchen und Biegungen da in ihm zurückbleiben, wo die großen ihre Stelle hatten, sondern auf eine hier nicht weiter interessierende andere Weise, mit der es sich z. B. vollständig verträgt, daß der Strick in den Zwischenzeiten straff ausgespannt gehalten wird.

Drittes Kapitel.

Häufige Wiederholung seelischer Betätigungen.

§ 65. Übung, Gewohnheit und Gewöhnung.

1. Übung und Gewohnheit. Wird die Seele häufig nacheinander in gleicher oder gleichartiger Weise zur Tätigkeit veranlaßt, so zeigen sich zunächst natürlich die Erscheinungen, die nach dem Früheren (S. 603 u. 649) mit jeder Wiederholung ihrer Erlebnisse verbunden sind, in gesteigertem Maße. Erstens also gelangen die wiederholt dagewesenen Gebilde bei Wiederkehr ihrer Ursachen immer leichter und energischer vor anderen zur Geltung im Bewußtsein, und die in ihnen etwa unterscheidbaren Teile treten deutlicher und schärfer gesondert auseinander. Dazu gesellt sich anderes: die wiederholt ausgeführten Leistungen werden immer besser (d. h. sie erreichen, sofern sie quantitative Verschiedenheiten haben, immer höhere Werte, oder sie erfolgen in immer vollkommenerer Anpassung an ihren Zweck, die anfänglich häufigen Fehler werden seltener), und zudem werden die zu ihrer Ausführung erforderlichen Zeiten allmählich geringer. Die Gesamtheit dieser Erscheinungen wird als *Übung* bezeichnet. Sodann wird zweitens die innere Verknüpfung, der assoziative Zusammenhang der verschiedenen Glieder eines wiederholt erlebten Ganzen oder einer wiederholt durchlaufenen Reihe von Leistungen immer enger; die Vorstellungen der einzelnen Teile des Verbandes reproduzieren sich wechselseitig immer sicherer, zwangsmäßiger und gleichfalls immer schneller. Solche festgewordenen Assoziationen heißen *Gewohnheiten*. Daß beide Erscheinungen, Übung und Gewohnheit, bei verwickelteren Betätigungen, wie z. B. der Auffassung eines Gesichtseindrucks mit mehreren Einzelheiten oder der Ausführung einer verwickelten Bewegungsfolge, wo sie naturgemäß zusammen auftreten,

auch in einer engeren Beziehung zueinander stehen, wurde oben (S. 604) schon berührt. Die die Seele zufällig zuerst in Anspruch nehmenden Teile des Ganzen wecken assoziativ vorweg Vorstellungen der übrigen Teile, und dadurch wird deren nachfolgende Bewältigung gleichfalls erleichtert. Die Gewohnheit unterstützt also die auf der bloßen Wiederholung beruhenden und als Übung bezeichneten Wirkungen. Aber wie das Vorkommen der Übung auch bei ganz einfachen Leistungen zeigt, ist sie doch im Grunde etwas von den Wirkungen der assoziativen Reproduktion Unabhängiges, und daher sind beide begrifflich auseinander zu halten. Übung ist die durch häufige Wiederholung bewirkte Erleichterung des bewußten Auftretens, die Verbesserung und Beschleunigung seelischer Leistungen, Gewohnheit die eben dadurch bewirkte feste Eingliederung einer Leistung in einen bestimmten Zusammenhang. Man ist geübt, griechische Handschriften zu lesen oder Gewichte miteinander zu vergleichen, das heißt: man wird mit diesen Arbeiten schneller fertig und vermag dabei geringere Verschiedenheiten der objektiven Reize wahrzunehmen als der Ungeübte. Und man ist gewohnt, diese Beschäftigungen immer zu bestimmten Tageszeiten vorzunehmen, die Gewichte immer nur bis zu einer bestimmten Höhe zu heben, ihre Verschiedenheiten stets durch bestimmte Urteile auszudrücken usw.

Weitere Beispiele über beide Erscheinungen zu häufen, erscheint überflüssig, zumal wir ihnen späterhin vielfach wieder begegnen werden. Nähere Einzelheiten über die Bildung und Lockerung von Gewohnheiten sind durch das oben (§ 61 f.) über Assoziationen Mitgeteilte bereits gegeben. Über den Gang der Übung hat man fast bei jeder psychologischen Experimentaluntersuchung Gelegenheit, Näheres kennen zu lernen, da fast bei einer jeden zahlreiche Wiederholungen gleichartiger Versuche unerläßlich sind. Man hat so u. a. folgendes gefunden.[1]

Die Fortschritte der Übung geschehen zuerst sehr rasch, späterhin äußerst langsam. In einer 44tägigen Versuchsreihe von R. Vogt z. B. hatte die Versuchsperson täglich $^1/_2$ Stunde

[1] Einzelne Arbeiten lassen sich kaum nennen, da ihrer zu viele sind. Die angeführten Beispiele sind folgenden Abhandlungen entnommen: S. Exner, Experimentelle Untersuchung der einfachsten psychischen Prozesse. Pflügers Arch. 7. Berger, Über den Einfluß der Übung auf geistige Vorgänge. Philos. Stud. 5 S. 170. R. Vogt, Über Ablenkbarkeit und Gewöhnungsfähigkeit. Kraepelins Psychol. Arb. 3 S. 89 f. Bourdon, Recherches sur l'habitude. Année psychol. 8 S. 327; 1902. Eine der wichtigsten Arbeiten über den Gegenstand ist: Ebert u. Meumann, Über einige Grundfragen der Psychologie der Übungsphänomene im Bereiche des Gedächtnisses. Arch. f. d. ges. Psychol. 4 S. 1; 1905 (Bericht darüber von G. E. Müller, Zeitschr. f. Psychol. 39 S. 111).

lang fortlaufende Zahlenreihen zu addieren. Innerhalb der ersten 6 Tage steigerte sich die Anzahl der pro Tag addierten Ziffern um $^9/_{10}$ des Anfangswertes; innerhalb der zweiten 6 Tage betrug die weitere Steigerung nur $^1/_4$ und für die letzten 6 Tage des Versuchs nur noch $^1/_{20}$ des jedesmaligen Ausgangswertes. Reaktionsversuche mit einem 77jährigen Greise ergaben S. Exner zuerst einen Wert von fast 1 Sekunde; im Verlaufe von 10 Tagen war diese Zeit auf etwa 0,36 Sekunden zurückgegangen, aber im Verlaufe eines vollen halben Jahres verringerte sie sich dann nicht weiter als auf 0,19 Sekunden. Bourdon ließ das Durchstreichen von vier bestimmten Buchstaben eines bestimmten Textes in wochenlangen täglichen Versuchen einüben, die sich mit größeren Pausen über eine Zeit von mehr als zwei Jahren erstreckten. Die dazu erforderlichen Zeiten sanken schließlich auf weniger als die Hälfte ihres anfänglichen Betrages. Aber mehr als $^2/_3$ dieser Ersparnis wurde bereits am Ende der ersten (13wöchigen) Versuchsperiode erzielt, etwa die Hälfte schon im Durchschnitt der vierten Woche. Und in der vorletzten Versuchsperiode (von 9 Wochen), etwa zwei Jahre nach Beginn der Versuche, betrug der Fortschritt nicht mehr so viel wie von der ersten zur zweiten Woche. Für praktische Zwecke und bei nicht allzu lange ausgedehnten Versuchen kann demnach der nach mäßig langer Zeit erreichte Übungsgrad als leidlich konstant betrachtet werden. Sieht man aber genau zu, so scheint eine wirkliche Konstanz erst nach sehr langer Zeit und außerordentlich zahlreichen Wiederholungen, wenn überhaupt, erreichbar zu sein. In einer 94tägigen Versuchsreihe, die sich durch ein halbes Jahr hinzog und der schon monatelange Vorversuche vorausgegangen waren, lernte ich 13gliedrige sinnlose Silbenreihen auswendig, je acht an jedem Tage. Dazu brauchte ich im Durchschnitt der ersten 20 Versuchstage je 132 Sek. für die einzelne Reihe, im Durchschnitt der mittleren 20 Tage je 127 und im Durchschnitt der letzten 20 je 125 Sek. Bei den obenerwähnten Versuchen von Bourdon war ein kleiner Fortschritt in der Schnelligkeit der Leistung bis zuletzt, d. h. nach mehr als zwei Jahren, zu erkennen. Berger ließ je 10 Schüler von 10 aufeinander folgenden Klassen eines Gymnasiums 100 zusammenhängende Worte aus Goethes Egmont möglichst rasch vorlesen. Die erforderlichen Zeiten waren durchschnittlich in Sekunden:

Klasse:	VII	VI	V	IV	III b	III a	II b	II a	I b	I a	
100 Worte:	72	55	43	37	39	28	27	26	25	23	Sek.

Bei weitergehender Übung im Lesen aber nehmen die Zahlen immer noch weiter ab. Ich selbst lese 100 derartige Worte in etwa 16 Sek.

Mit jeder Unterbrechung in den Wiederholungen einer psychischen Leistung geht die durch Übung für sie erworbene Geschicklichkeit in der Regel sogleich wieder zurück, und zwar auch dies zuerst verhältnismäßig schnell und nachher sehr langsam. „Wenn ich nur einen Tag lang nicht übe," soll der Musiker H. v. Bülow einmal gesagt haben, „merke ich schon, daß ich nicht mehr auf der Höhe bin; nach zwei Tagen merkt es meine Frau und nach dreien das Publikum." Nach jeder mehr als eintägigen Pause in den vorhin erwähnten Rechenversuchen von Vogt ergab sich bei Wiederaufnahme der Arbeit zunächst eine beträchtliche Verminderung in der Zahl der addierten Ziffern. Dabei aber war der Übungsverlust nach einer Unterbrechung von fast 4 Monaten kaum größer als nach einer Unterbrechung von nur 6 Tagen. Eine große Langsamkeit in dem Schwinden einer einmal erworbenen Übung zeigen namentlich die Versuche von Bourdon. Dieser konnte für verschiedene geistige Leistungen noch nach 7 Jahren vollständiger Nichtübung einen sehr beträchtlichen Rest der vorher für sie gewonnenen Übung nachweisen. Zugleich wird übrigens der durch Nichtübung einer Leistung entstandene Verlust in der Güte oder Schnelligkeit ihrer Ausführung durch erneute Einübung verhältnismäßig rasch wieder ausgeglichen.

Die durch Übung erworbene Geschicklichkeit gehe mit Unterbrechung der Wiederholungen „in der Regel" wieder zurück, sagte ich einschränkend. Es gibt hiervon nämlich überraschende Ausnahmen. Eine selbst für längere Zeit unterbrochene Tätigkeit wird bisweilen unmittelbar nach ihrer Wiederaufnahme besser vollzogen als am Ende der vorausgegangenen Übungsperiode, gleichsam als ob die Übung auch während der Pausen Fortschritte mache. S. Exner machte zuerst diese Beobachtung bei Reaktionsversuchen. Das gleiche fanden kürzlich Ebert und Meumann, als sie mehrere Versuchspersonen, die längere Zeit im Auswendiglernen verschiedener Stoffe geübt worden waren, nach Pausen von 3—5 Monaten Stichproben mit einigen Reihen sinnloser Silben machen ließen. Die für diese erforderliche Lernarbeit war in den meisten Fällen etwas geringer als vorher zur Zeit der größten Übung. Ihre ausreichende Erklärung findet diese Erscheinung darin, daß mit der häufigen Wiederholung einer Tätigkeit unter Umständen störende Faktoren ins Spiel gesetzt werden, die die reine Übungswirkung verdecken, die aber nach einer genügend langen Pause in Fortfall kommen. Man kann ihrer zwei mit Sicherheit bezeichnen. Bei ununterbrochen fortgesetzten Tätigkeiten ist es die alsbald zu besprechende Ermüdung, die der Übung entgegenwirkt. Vom

Schlittschuhlaufen, Klavierspielen, Turnen her ist bekannt, daß man einen gewünschten Fortschritt oft an einem Tage durch noch so anhaltendes Üben nicht erzwingen kann; die Leistung wird schließlich schlechter. Wenn man sie aber mit frischen Kräften später wieder vornimmt, gelingt sie häufig nach wenigen Versuchen überraschend gut. Das gleiche gilt für lange fortgesetzte und dadurch ermüdende Arbeiten überwiegend geistiger Art, wie anhaltendes Rechnen, schnelles Reagieren auf Sinneseindrücke, Prüfungen der Unterschiedsempfindlichkeit u. a. Bei Tätigkeiten, die zwar nicht in einem Zuge bis zur Ermüdung fortgesetzt, aber doch in einer bestimmten Versuchsperiode sehr häufig wiederholt werden, können assoziative Hemmungen (S. 694) eine störende Rolle spielen. Die Tätigkeit wird an immer anderem aber doch gleichartigem Material vollzogen. Dadurch werden schließlich bei jeder neuen Ausübung so viele Anklänge, Nachklänge, Reproduktionstendenzen geweckt, daß die Arbeit verlangsamt wird. Die Seele ist „überfüttert" mit einem bestimmten Material; sie wird verwirrt durch die Fülle des in ähnlicher Weise schon Dagewesenen. Nach einer längeren Pause ist sie von den Reminiszenzen entlastet, und die wenn auch an sich geringer gewordene Übung führt nun, da sie reiner hervortritt, zu besseren Resultaten. Es ist ein ähnlicher Gegensatz, wie wir ihn oben (S. 697) zwischen der assoziativen Hemmung und der Bildung von Nebenassoziationen kennen lernten.

Zunehmende Übung für eine bestimmte Leistung bewirkt gleichzeitig auch eine gewisse Übung für ähnliche Leistungen (*Mitübung*), und zwar um so mehr, je größer die Ähnlichkeit ist. Eine hierher gehörige Tatsache ist früher (S. 466) schon angeführt worden, daß nämlich die Raumempfindlichkeit der Haut bei oft wiederholter Prüfung nicht nur an den direkt in Anspruch genommenen Stellen, sondern auch in deren Nachbarschaft und namentlich an den symmetrisch gelegenen Hautstellen allmählich zunimmt. Sehr eingehende Untersuchungen haben sodann Ebert und Meumann der Erscheinung auf dem Gebiete des Gedächtnisses gewidmet. Sie prüften das Gedächtnis mehrerer Personen in verschiedenen Hinsichten, so für das Behalten von Buchstaben, Zahlen, Silben, Substantiven, Vokabeln, Gedichtstrophen. Dann ließen sie die Versuchspersonen einige Wochen hindurch ihr Gedächtnis üben durch das Lernen von sinnlosen Silbenreihen und prüften zum Schluß seine Leistungsfähigkeit abermals in jenen verschiedenen Hinsichten. Das Ergebnis war, daß nicht nur das allein geübte Silbenlernen, sondern auch alle die anderen Gedächtnisbetätigungen eine zum Teil recht bedeutende Vervollkommnung erfuhren, die genau in dem Maße stärker war, als jene Leistungen nach ihrem Stoff, der Lernweise usw. dem Silbenlernen näher verwandt

waren. Endlich gehört auch die Mitübung bei Bewegungen, zum Teil wenigstens, hierher. Indem die rechte Hand schreiben lernt, lernt die linke es ebenfalls. Allerdings sind die von ihr geschriebenen Buchstaben, entsprechend ihrem Bau und ihrer Muskulatur, nicht gleich gerichtet denen der rechten Hand, sondern symmetrisch zu ihnen; sie schreibt Spiegelschrift, und selbstverständlich sind ihre Bewegungen, ohne eigens darauf gerichtete Übung, langsamer und ungelenker als die der rechten Hand. Aber immerhin vermag doch jeder, der es rechtshändig gelernt hat, auch linkshändig ohne weiteres zu schreiben, und zwar sind seine beiden Handschriften ihrem allgemeinen Charakter nach einander sehr ähnlich. Ebenso kann jeder mit dem Fuß oder auch mit dem Knie oder dem Ellbogen ohne weiteres Schreibbewegungen machen. Bei aller Verwandtschaft der verschiedenen Erscheinungen der Mitübung wird man ihre Ursachen zum Teil in ganz verschiedenen Faktoren zu suchen haben. Bei der motorischen Mitübung werden sicherlich direkte anatomische Beziehungen zwischen verschiedenen Innervationszentren anzunehmen sein, die die Übung des einen mehr oder minder abgeschwächt auf andere übertragen. Bei der Mitübung verschiedener Gedächtnisbetätigungen dagegen scheint es mir völlig ausreichend, allein an die Vervollkommnung gewisser allgemeiner Funktionen zu denken, die für jedes Lernen von Bedeutung sind, im Sinne des schon oben (S. 605) Ausgeführten. Die Fähigkeit, die Aufmerksamkeit energisch zu konzentrieren, von der Umgebung abzusehen, den Stoff zweckmäßig zu gliedern und, falls erforderlich, zu rhythmisieren, nicht zu früh und nicht zu spät mit den Versuchen des Hersagens zu beginnen, sich kleiner Kunstgriffe richtig zu bedienen usw., alles das wird bei dem Lernen jedes beliebigen Stoffes geübt und ist für das Lernen jedes beliebigen anderen von Nutzen. Daß dieser Nutzen um so größer sein muß, je ähnlicher die Stoffe und die ihnen gegenüber erforderlichen Verhaltungsweisen einander sind, liegt auf der Hand.

2. Gewöhnung. Neben Übung und Gewohnheit hat die häufige Wiederkehr gleichartiger Anforderungen an die Seele noch eine Reihe von anderen Erscheinungen zur Folge, die, teils im Gegensatz zu jenen beiden stehend, teils sie ergänzend, sich im realen Leben mit ihnen verschlingen. Als erste möge die schon mehrfach gestreifte *Gewöhnung* erwähnt werden, deren Eigentümlichkeit von dem Sprachgebrauch zwar häufig unter Übung und Gewohnheit mit einbegriffen, aber doch besser abgesondert betrachtet wird. Psychische Gebilde, die durch bestimmte Einwirkungen hervorgerufen werden könnten und in früheren Fällen durch sie auch sehr lebhaft zum Bewußtsein gebracht

wurden, treten immer weniger vor anderen hervor, bleiben immer leichter unbeachtet und unbewußt, je häufiger jene Einwirkungen wiederholt werden. Oder aber, wenn auch die unmittelbaren und ersten Wirkungen der objektiven Ursachen sich noch für die Seele durchsetzen, so werden doch Vorstellungen, die zuerst durch mehrfache Wiederholung fest mit jenen assoziiert wurden, immer weniger reproduziert, sie sinken immer mehr zu unbewußten oder höchstens in Bereitschaft befindlichen Vorstellungen herab, je öfter die Gelegenheiten zu ihrem Hervortreten wiederkehren. Gleichmäßig andauernde Geräusche, wie Uhrticken, Straßenlärm, das Rauschen eines Flusses, hört man schließlich nicht mehr. Die wenigsten Menschen können die Tapete ihres Wohnzimmers beschreiben, wenn sie sie nicht etwa selbst ausgesucht haben. Das leibliche Auge hat sie täglich ungezählte Male abgebildet, gelegentlich auch wohl ihr Muster eingehender betrachtet, aber für das geistige Auge hat sie fast aufgehört, vorhanden zu sein. Untersuchungen über Störungen der Aufmerksamkeit stoßen auf große Schwierigkeiten, wie wir sahen (S. 621 f.), weil sie bei der Unsicherheit der Einzelresultate häufig wiederholt werden müssen, die Störungen aber ebendadurch bald ihre Kraft verlieren. Überlegungen, die man häufig anzustellen Veranlassung hat, treten mehr und mehr für das Bewußtsein zurück, je geläufiger sie einem geworden sind; man erfaßt intuitiv ohne weiteres das Resultat. Klavierspielen oder Geigespielen lernt man durch Vermittelung der Namen der Noten und der Finger, mancher Vorschriften über Handhaltung, Fingersatz, Bogenführung usw. Dem geübten Spieler aber kommt von allen diesen Mittelgliedern wenig oder nichts mehr zum Bewußtsein; er sieht und spielt. Ähnlich bei zahlreichen anderen Kunstfertigkeiten: schreiben, schwimmen, fechten, reiten, radfahren, stricken, häkeln usw.

Häufige Wiederholung gleicher Einwirkungen hat somit für die Seele gleichzeitig entgegengesetzte Folgen: leichteres Bewußtwerden der Eindrücke und der mit ihnen assoziierten Vorstellungen, aber auch leichteres Unbewußtbleiben der beiden. Natürlich bedeutet das keinen Widerspruch, sondern wie bei anderen gegensätzlichen Erscheinungen des Seelenlebens oder des Organismus, z. B. bei positiven und negativen Nachbildern, Hemmung und Bahnung von Reflexen, oder auch bei Kumulierung und Abstumpfung in der Wirkung von Arzneimitteln, ist jede der beiden Folgen an ganz bestimmte Bedingungen geknüpft, und je nach Umständen tritt gesetzmäßig entweder die eine oder die andere ein. Welcher Art diese Bedingungen sind, erhellt aus einigen Beispielen. Ich beachte die Tapete meines Zimmers in der Regel nicht, auch wenn meine Augen zufällig auf sie gerichtet sind. Wenn aber irgendwoher die Vorstellung der Tapete

in mir wachgerufen wird und ich sie infolge davon ansehe, dann erfasse ich ihr so oft erblicktes Muster im ganzen und in seinen Einzelheiten besser und schneller als das einer unbekannten Tapete. Der Musiker denkt nicht an die Namen der Noten bei seinem Spiel. Wenn man ihn aber veranlaßt, sie zu nennen, so zeigt sich, wie sehr er an Schnelligkeit und Sicherheit ihrer Reproduktion anderen überlegen ist. Es kommt also darauf an, ob die häufig dagewesenen Einwirkungen gegenwärtig bloß sozusagen durch den Zufall des äußeren Geschehens wieder an die Seele herangebracht werden, oder ob sie zugleich aus dem Inhalt des Seelenlebens selbst noch eine besondere Unterstützung empfangen, durch vorwegnehmende Vorstellungen oder ein außergewöhnliches Interesse, im wesentlichen also durch das als willkürliches Aufmerken bezeichnete Verhalten. In dem ersten Fall wird das Bewußtsein, das sich mit ihnen in der Vergangenheit gleichsam schon genügend auseinander gesetzt hat, durch sie nicht weiter belastet; in dem zweiten, wo die Seele der ihnen zugehörigen Bewußtseinswirkungen gerade bedarf, kommen diese mit besonderer Leichtigkeit zustande.

Dabei aber bleiben jene Einwirkungen und Vorgänge, die es zu bewußten Erlebnissen nicht zu bringen vermögen, nicht etwa überhaupt wirkungslos. Die von ihnen hervorgerufenen oder ihnen entsprechenden Erregungsprozesse innerhalb des Nervensystems können natürlich nicht verloren gehen oder vernichtet werden, und sie bekunden sich sehr deutlich in zwiefacher Weise. Erstens: wenn die unbemerkt bleibenden objektiven Reize plötzlich aufhören oder durch andere ersetzt werden, so wird diese Veränderung sogleich wahrgenommen. Der Haartracht der Personen seiner Umgebung schenkt man in der Regel keine Beachtung; aber wenn sie das Haar einmal anders tragen als gewöhnlich oder es haben schneiden lassen, fallen sie sofort auf. Den regelmäßigen Pendelschlag einer Uhr im Zimmer überhört man; aber wenn die Uhr einmal nicht aufgezogen ist und plötzlich stillesteht, wird man aufmerksam. An gleichförmigen Straßenlärm gewöhnt man sich, sodaß man ihn meist nicht wahrnimmt; wenn aber im Winter tiefer Schnee die Straßen deckt und alle Geräusche abdämpft, ist einem eigentümlich zu mute, als ob etwas fehle. Auch das stehende Beispiel des Müllers, der das Klappern seiner Mühle im Schlafe nicht hört, aber sogleich erwacht, wenn sie stehen bleibt, möge hier Erwähnung finden. Zum andern: wenn einzelne Glieder einer regelmäßig wiederkehrenden Reihe psychischer Gebilde mit äußerlich hervortretenden Bewegungen genügend fest verknüpft sind, so werden diese nach Erregung des Anfangsgliedes der Reihe dauernd ausgelöst, auch wenn die ihnen direkt zugeordneten psychischen Glieder allmählich

unbewußt geworden sind. Das Stricken z. B. besteht aus einer Reihe von Bewegungen, deren jede ursprünglich mit bestimmten Gesichts- und Tastempfindungen von der Lage der Nadeln, des Fadens usw. und mit bestimmten, durch die Anweisungen des Lehrers geweckten Bewegungsvorstellungen verbunden war. Nach vielfacher Wiederholung der Reihe gelangen jene Empfindungen und Vorstellungen schließlich nur noch äußerst wenig oder auch gar nicht mehr zum Bewußtsein; ihre äußere Entladung in Bewegungen aber bleibt. Alle langsam erlernten und durch häufige Wiederholung automatisch gewordenen Bewegungsfolgen, wie die unlängst erwähnten: schreiben, schwimmen usw., gehören hierher; ihre weitere Erörterung indes kann uns erst später beschäftigen.

Mit dem vorhin Gesagten ist nun zugleich eine Ergänzung gegeben zu dem früher (S. 604) über die Bedingungen des Aufmerkens Ausgeführten. Dort sahen wir, daß bei der gleichzeitigen Einwirkung mehrerer Empfindungs- und Vorstellungsursachen auf die Seele das Bekannte und in ähnlicher Weise schon Dagewesene sich besonders leicht Beachtung erzwingt. Hier zeigt sich, daß das zwar unter Umständen, hauptsächlich für den Fall der sog. willkürlichen Aufmerksamkeit, aber durchaus nicht allgemein geschieht. Unter anderen Umständen, bei dem sog. unwillkürlichen Aufmerken, gilt vielmehr das gerade Gegenteil. Das Bekannte, gleichförmig Wiederkehrende und Gewohnte bleibt bei dem Mangel anderweitiger Unterstützung besonders leicht unbeachtet, und was für das Bewußtsein hervortritt und die Aufmerksamkeit auf sich zieht, ist das Neue, Ungewohnte, Kontrastierende und Wechselnde. Daher die Leichtigkeit, mit der man in einer im ganzen regelmäßigen Anordnung oder Reihenfolge einzelne Abweichungen bemerkt. Daher die Vorschriften der Mode, die den sich ihr Unterwerfenden keine allzu große Freiheit gestattet, „um nicht aufzufallen", sie dafür aber durch irgend eine neue und von der verbreiteten Tracht abweichende Art der Bekleidung aus der großen Masse heraushebt. Daher auch das Verhalten der jedesmaligen jungen Generation, die sich durch eine ungewohnte Ausdrucksweise (Studentensprache) und durch Kraftgenialität, aber auch durch die Aufstellung neuer Ziele und die Erfindung neuer Mittel die ihr sonst nicht genügend zuteil werdende Beachtung erkämpft und so die Gesamtheit vor Stagnation bewahrt.

Man wird die Frage aufwerfen, woran es wohl liegen möge, daß die Seele sich gleichzeitig so entgegengesetzt zu betätigen vermag. Da die Erleichterung des Bewußtwerdens wohl als eine primäre und ursprüngliche Folge der häufigen Wiederholung von Einwirkungen aufgefaßt werden muß, wird die neben ihr bestehende Erleichterung

des Unbewußtbleibens als eine sekundäre und vermittelte Erscheinung zu verstehen sein. Als ihre eigentliche Ursache könnte man geneigt sein, die oben (S. 574) erwähnte Abstumpfung des Gefühlswertes häufig wiederkehrender Erlebnisse heranzuziehen, wenn nicht das umgekehrte Verhältnis verständlicher und wahrscheinlicher wäre, daß nämlich bei dieser Abstumpfung die zunehmende Nichtbeachtung wiederholter Eindrücke selbst als Ursache beteiligt ist. Vielleicht kommt die Sache so zustande.[1] Mag auch eine die Seele zum ersten Male treffende Einwirkung sie zunächst sehr stark und vor allem anderen in Anspruch nehmen, auf die Dauer vermag sie sich nicht an erster Stelle zu behaupten. Das Aufmerken ist seiner Natur nach, wie wir (S. 624) sahen, ein oszillierender Zustand; der gleiche Inhalt erfreut sich seiner nicht lange, sondern höchstens in periodischer Wiederkehr. Außerdem: je länger eine Einwirkung andauert, oder je häufiger sie wiederkehrt, um so sicherer gerät sie schließlich einmal mit anderen Einwirkungen zusammen, die die Seele noch stärker in Anspruch nehmen als sie und sie daher wenigstens vorübergehend verdrängen. Ein Student ziehe vom Lande in die Großstadt, in eine geräuschvolle Straße. Zunächst wird er durch das Wagengerassel aufs empfindlichste gestört; er kann gar nicht arbeiten. Aber bald hat er doch einmal etwas besonders Wichtiges zu schreiben oder etwas besonders Interessantes zu lesen: dagegen kann der störende Lärm nicht aufkommen, er tritt zurück. Dieses Zurücktreten aus dem einen oder anderen Grunde bedeutet aber nach früheren Auseinandersetzungen (S. 632), daß die andauernd von der Peripherie her zugeführte Erregung auf Nebenbahnen abgelenkt wird und als eine verflachte und diffuse Erregungsmasse, an die sich keine charakteristischen Wirkungen anschließen können, auf der Großhirnrinde anlangt. Natürlich kehrt sie nach Aufhören der ablenkenden Ursache auf die ihre bewußte Wirkung vermittelnden Hauptbahnen zurück, aber die vorübergehende Ablenkung auf die Nebenbahnen hat doch zur Folge, daß diese jetzt etwas leichter ansprechen als vorher. Zu einer zweiten Ablenkung wird also schon eine etwas weniger interessante oder begünstigte Konkurrenzerregung genügen; eine dritte kommt wieder leichter zustande usw. Die Nebenbahnen werden so im Verhältnis zu den Hauptbahnen immer häufiger benutzt werden; schließlich müssen sie dieselbe maximale Ausbildung und Ansprechfähigkeit erreichen, die die Hauptbahnen schon vorher erlangt haben werden. Bei erneuter Wiederkehr der Erregung genügt

[1] Das Folgende im Anschluß an G. E. Müller, Zur Theorie der sinnlichen Aufmerksamkeit, S. 126 f.

dann jede kleinste anderweitige Inanspruchnahme der Seele, um sie zum Verlaufen zu bringen und unbeachtet bleiben zu lassen, wie freilich andererseits auch jedes kleinste Entgegenkommen seitens der Seele die jener Erregung entsprechende bewußte Wirkung herbeiführen wird. Auch die Tatsache, daß ein plötzliches Aufhören der bis dahin unbewußt gebliebenen Erregung sich doch dem Bewußtsein in einem eigentümlichen Eindruck verrät, empfängt so ihre materielle Erklärung. Die auf den Nebenbahnen diffus verlaufende Erregung ruft zwar keinen bestimmt unterscheidbaren und analysierbaren Eindruck hervor, aber sie ist deshalb doch nicht verloren für das Seelenorgan; sie trägt bei zu der gesamten Erregungsgestaltung in ihm und bekundet sich für das Bewußtsein in einer eigenartigen, wenn auch nicht näher bestimmbaren Färbung des Hintergrundes, von dem sich die deutlichen Gebilde abheben. Fällt sie nun fort, so wird die Erregungsverteilung plötzlich eine andere, und daß sich das auch seelisch in dem unbestimmten Bewußtsein einer vorgegangenen Änderung spiegelt, ist verständlich. Wodurch die Änderung hervorgebracht ist, weiß man ja nicht unmittelbar, sondern muß es erst durch Überlegung oder näheres Zusehen ermitteln.

Handelt es sich um das Unbewußtwerden einzelner Glieder innerhalb häufig wiederholter Reihen, wie z. B. der Vorstellungen der Notennamen beim Klavierspielen, der grammatischen Regeln beim Sprechen einer fremden Sprache, so paßt die vorstehende Erklärung nicht. Aber das Verständnis dieses Vorgangs macht keine Schwierigkeiten. Je häufiger die Reihen wiederkehren, desto schneller werden sie durchlaufen. Die auf die einzelnen Glieder entfallenden Zeiten werden also verkürzt; dadurch aber wird die bewußte Erfassung der einzelnen, zu der eine gewisse Minimalzeit erforderlich ist (S. 595), erschwert. Natürlich widerstehen dieser Schädigung die wichtigeren und interessanteren Glieder der Reihe am erfolgreichsten; die Verkürzung trifft also vorwiegend die unwichtigen und überflüssigen, deren materielle Erregungen schließlich nur mehr so flüchtig berührt werden, daß ein Bewußtwerden nicht möglich ist. Zugleich schließen sich damit die umgebenden wichtigeren Glieder enger zusammen und werden direkt miteinander assoziiert.

§ 66. Einstellung.[1]

Nach einer sehr langen Eisenbahnfahrt glaubt man wohl geraume Zeit nachher noch die verschiedenen Eisenbahngeräusche zu vernehmen; man erinnert sich ihrer nicht etwa bloß etwas lebhafter, als man es jederzeit vermag, sondern in unverkennbarer sinnlicher

[1] Fechner, Psychophysik II S. 428. G. E. Müller und F. Schumann, Über die psychologischen Grundlagen der Vergleichung gehobener Gewichte. Pflügers Archiv 45 S. 37. Laura Steffens, Über die motorische Einstellung. Zeitschr. für Psychol. 23 S. 241.

Deutlichkeit stößt und rasselt und klappert es fort für die leiblichen Ohren. Ähnlich wird von Naturforschern berichtet, daß sie nach lange fortgesetzten gleichartigen Beobachtungen stundenlang später bisweilen Gesichtsbilder der beobachteten Objekte mit allen Einzelheiten und sogar mit richtiger Bewegung einzelner Teile haben auftauchen sehen. So erblickte Henle nach anhaltender Vormittagsbeschäftigung mit einem Arterienpräparat dieses am Abend beim Reiben des Auges oder beim Husten leuchtend wieder vor sich. Fechner sah (während eines Reizungszustandes seiner Augen) nach längeren Fernrohrablesungen sogar noch 24 Stunden später beim Blick ins Dunkle einen schwarzen Faden über eine Skala wandern, ganz wie es bei den vorausgegangenen Beobachtungen der Fall gewesen war.

Man findet diese Erscheinungen mehrfach als Äußerungen eines sogenannten *Sinnengedächtnisses* aufgeführt, womit offenbar gesagt werden soll, daß die Seele die Fähigkeit habe, früher Erlebtes nicht nur in Vorstellungen, sondern unter Umständen in echten sinnlichen Empfindungen zu reproduzieren. Diese Auffassung ist nicht zutreffend. Es handelt sich nicht um assoziativ verursachte Reproduktionen früherer Erlebnisse, für die gegenwärtig keine objektiven Ursachen gegeben sind, sondern um Vorgänge aus dem Bereich der Übungserscheinungen, nur daß sie gegenüber dem oben über diese Gesagten noch einen neuen Zug zeigen. Die Seele hat sehr lange Zeit hindurch immer wieder eine gleichartige Leistung auszuüben gehabt. Wird sie dann hinterher durch andere Einwirkungen in Anspruch genommen, die jenen häufig wiederholten zwar verwandt sind, aber doch auch beträchtlich von ihnen abweichen können, so wird ihre Gegenwirkung auf diese mehr oder weniger im Sinne der hochgradig eingeübten Leistung verschoben und abgeändert. Wir reproduzieren die lange gehörten Eisenbahngeräusche nicht im Anschluß an irgend einen anderen, mit ihnen verbunden gewesenen und jetzt wiederkehrenden Eindruck, sondern wir hören sie aus beliebigen anderen objektiv verursachten Geräuschen heraus oder, wenn man lieber will, in sie hinein, sobald diese durch ihren Rhythmus, ihre Höhenlage usw. nur eine entfernte Handhabe dazu bieten. Ebenso sehen wir irgendwelche uns vertraut gewordene Gesichtsbilder in die durch Reiben oder eine sonstige Reizung der Augen hervorgerufenen und ziemlich deutungsfähigen optischen Eindrücke hinein; ähnlich wie in einer bekannten Anekdote der halb geheilte Trunkenbold aus dem Geläute der verschiedenen Kirchenglocken die Lockrufe Kümmel, Anisette und Pomeranzen heraushört und dadurch aufs neue verführt wird. Die Seele hat also nicht nur die Fähigkeit, eine wiederholt ausgeübte Betätigung bei Wiederkehr der sie

veranlassenden Ursachen leichter und schneller auszuführen als eine andere, sondern sie hat auch eine Tendenz, das besonders häufig Geleistete in die Verwirklichung abweichender Anforderungen, die an sie gestellt werden, hineinzutragen.

Es ist zweckmäßig, dieser Besonderheit an der Erscheinung der Übung, die ganz der auf dem Gebiete des Gedächtnisses bestehenden Reproduktion durch ähnliche Ausgangsglieder (S. 636) entspricht, auch einen besonderen Namen zu geben. Durch Müller und Schumann ist für sie das Wort *Einstellung* eingeführt worden. Die mitgeteilten Beispiele wären also als Fälle *sensorischer* Einstellung zu bezeichnen. Aber die Erscheinung erstreckt sich nicht nur auf Empfindungen, sondern auch auf Vorstellungen, sodaß man auch von einer gedanklichen oder intellektuellen Einstellung sprechen kann. Bourdon schrieb 100 beliebige Worte zusammen, sah sie durch und fügte bei jedem in Gedanken möglichst schnell seine grammatische Kategorie hinzu: Substantiv, Adjektiv, Verb. Wenn er dann einige Male hintereinander z. B. Substantiv hatte sagen müssen, empfand er eine störende Tendenz, „maschinenmäßig" wieder Substantiv zu denken, auch wenn es nicht paßte. Ähnlich bei größeren Dingen. Don Quijote ist auf Ritter und Edeldamen eingestellt; Kant war eingestellt auf seine Kategorientafel, Hegel auf Dreiteilung und Vernunft.

Sehr deutlich zeigt sich ferner die Einstellung bei Bewegungen. Steigt man nach einer längeren Seereise ans Land, so schwankt einem noch eine Zeitlang der Boden unter den Füßen. Die vorher eingeübten Anpassungen der Gehbewegungen an die Schwankungen des Schiffes dauern in abgeschwächtem Maße noch eine Weile fort, ohne daß man sich dessen bewußt ist; und da sie nun für das feste Land nicht passen, so scheint dieses jetzt zu schwanken. Hebt man mehrmals hintereinander ein schweres Gewicht und danach ein vergleichsweise leichtes, so fliegt dieses in auffallender Weise in die Höhe und erscheint viel leichter, als man es taxiert hatte; ein schweres umgekehrt, das nach mehreren Hebungen eines leichten an die Reihe kommt, klebt am Boden und erscheint besonders schwer. Die motorischen Impulse werden natürlich im ganzen der ungefähr vorhergesehenen Schwere der Gewichte angepaßt; zugleich aber werden sie jedesmal ohne Bewußtsein des Hebenden im Sinne der mehrfach vorangegangenen Impulse erteilt und sind daher für das leichte Gewicht zu stark, für das schwere zu schwach. Man kann sich sogar auf eine bestimmte Aufeinanderfolge mehrerer Hebungen mit verschiedenen Impulsen einstellen, wofern die zu einer Periode gehörigen Einzelhebungen auch bewußt als zusammengehörige Glieder eines Ganzen

aufgefaßt werden. Hebt man z. B. mehrmals die Gewichtsfolge leicht—schwer und danach die Folge leicht—leicht, so wird das erste Gewicht der zweiten Folge normal gehoben und beurteilt, das zweite dagegen fliegt in die Höhe und erscheint auffallend leicht.

Mit Hilfe der motorischen Einstellung haben Müller und Schumann sowie Laura Steffens manche bemerkenswerte Einzelheiten über den Vorgang ermittelt, von denen ich einige erwähne. Wie Übung und Assoziationen so vergehen auch Einstellungen zuerst sehr schnell und nachher äußerst langsam; Einstellungen z. B., die durch 60 Hebungen einer bestimmten Gewichtsfolge bewirkt waren, waren vielfach trotz aller Hantierungen des Tages noch nach 24 Stunden deutlich zu erkennen. Eine Übertragung der Einstellung eines bestimmten Organs auf das korrespondierende Organ der anderen Körperhälfte, also vom linken auf den rechten Arm und umgekehrt, findet, im Gegensatz zu dem Vorgang der Mitübung (S. 711), nicht statt. Für die Bildung von Einstellungen scheint ebenso wie bei Assoziationen eine Verteilung der Wiederholungen vorteilhafter zu sein als ihre Häufung. Endlich besteht noch in dieser Hinsicht eine nahe Verwandtschaft zwischen Einstellungen und Assoziationen: mehrere verschiedene Einstellungen desselben Organs verhalten sich ähnlich wie verschiedene Assoziationen mit demselben Ausgangsglied (S. 694). Das Vorhandensein einer Einstellung erschwert also die Bildung einer anderen; sind sie aber einmal beide zustande gebracht, so bestehen sie dann in einer gewissen Unabhängigkeit nebeneinander. Eine ältere auf sehr starker Einübung beruhende Einstellung kann z. B. durch eine auf minder zahlreichen Wiederholungen beruhende, aber jüngere verdeckt werden; nach dem raschen Rückgang der jüngeren tritt dann die ältere wieder hervor.

§ 67. Ermüdung.[1]

Als letzte Folge der häufigen Wiederholung einer gleichartigen seelischen Betätigung ist die *Ermüdung* zu nennen. Sie tritt ein,

[1] Mosso, La fatica (auch deutsch). 1892. Zahlreiche wichtige Arbeiten über den Gegenstand in Kraepelins Psychol. Arbeiten. So in Bd. I: Bettmann, Über die Beeinflussung einfacher psychischer Vorgänge durch körperliche und geistige Arbeit, S. 152. Amberg, Über den Einfluß von Arbeitspausen auf die geistige Leistungsfähigkeit, S. 300. Hoch u. Kraepelin, Über die Wirkung der Teebestandteile auf körperliche und geistige Arbeit, S. 378. Rivers u. Kraepelin, Über Ermüdung und Erholung, S. 627. Ferner in Bd. II: Weygandt, Über den Einfluß des Arbeitswechsels auf fortlaufende geistige Arbeit, S. 118. Bd. III: Lindley, Über Arbeit und Ruhe, S. 482. Eingehender Bericht von Joteyko, Fatigue. Richets Dictionn. d. Physiol. 6 S. 29; 1904. — Die praktische Frage der Ermüdung durch den Schulunterricht kann hier nicht erörtert werden.

wenn die Wiederholungen der Leistung in größerer Häufigkeit unmittelbar aufeinander folgen, und äußert sich als eine gegensätzliche Erscheinung zu denjenigen Wirkungen der Übung, die nicht in der Gewöhnung ihren Gegensatz haben. Die auszuführenden Leistungen geschehen zunehmend langsamer; den mit ihnen verbundenen Zwecken werden sie immer unvollkommener und mit zahlreicher werdenden Fehlern angepaßt; soweit sie einer Messung zugänglich sind, bleiben sie immer mehr hinter den anfänglich erreichten Werten zurück; unter Umständen werden sie ganz unmöglich. So auf allen Gebieten des seelischen Lebens. Die sinnliche Wahrnehmung erfolgt langsamer und mit geringerer Feinheit. Die Aufmerksamkeit ist gleichzeitig weniger umfassend und weniger energisch, leicht abzulenken und doch wenig umsichtig. Die Bildung neuer Assoziationen ist erschwert, die Reproduktion bereits bestehender, z. B. beim Rechnen, Lesen, Nachdenken, verlangsamt und fehlerhafter. Auch Bewegungen, die mit seelischen Vorgängen zusammenhängen, wie Reaktionsbewegungen, Gewichtshebungen, Betätigungen von Handfertigkeiten, werden in gleicher Weise beeinflußt: sie erfolgen langsamer, weniger ausgiebig, ungeschickter, unter Umständen hören sie ganz auf.

Eine Verfolgung des Ganges der Ermüdung im einzelnen stößt auf große Schwierigkeiten. Zunächst wird sie durch die sie stets begleitenden antagonistischen Wirkungen der Übung verdeckt, namentlich in ihren Anfangsstadien. Daneben aber spielen bei der längeren Fortsetzung einer gleichartigen Tätigkeit, wie sie doch behufs Ermittelung der Ermüdung notwendig ist, andere Verwickelungen eine Rolle. Wenn man an eine neue Arbeit herangeht, kommt man in der Regel von einer anderen her, die die Gedanken leicht noch eine Weile gefesselt hält. Man kann sich also nicht sogleich in das Neue hineinfinden, sondern braucht erst einige Zeit, um in Zug zu kommen oder warm zu werden, wie man sagt. Ist das erst geschehen, so geht die Sache bald gleichsam von selbst; die Seele wird jetzt umgekehrt durch die von der neuen Tätigkeit geweckten und immer wieder zu ihr hinführenden Vorstellungen bei ihr festgehalten (S. 699); man wird durch sie interessiert und vertieft sich in sie. Die Güte der Leistung nimmt also zuerst rasch zu und erhält sich dann einige Zeit auf einer gewissen Höhe. Tritt aber eine längere Pause ein, so hört jene aus der Arbeit selbst fließende *Anregung* (wie sie in den Abhandlungen der Kraepelinschen Schule genannt wird) bald wieder auf, und eine erneute Aufnahme der Arbeit liefert zunächst wieder geringere Werte. Indes das ganze Verhalten kann auch ein anderes und direkt entgegengesetztes sein. Der Übergang zu einer neuen und als wichtig vorgestellten Tätigkeit entfesselt vielfach einen besonderen

Eifer, eine Anspannung aller Kräfte, um sie besonders gut zu erledigen, was denn auch zu verhältnismäßig hohen Anfangsresultaten führt. Aber natürlich kann eine solche außergewöhnliche Energie des Arbeitens (von Kraepelin als *Antrieb* bezeichnet) nicht lange vorhalten; sie läßt rasch nach, und damit sinken auch die Resultate von ihrer anfänglichen Höhe herunter, ohne daß doch schon von Ermüdung die Rede sein könnte. Vielleicht erwächst dann weiterhin aus der Arbeit selbst wieder eine gewisse Anregung; vielleicht aber auch tritt, nachdem der Reiz der Neuheit erst einmal verflogen, Langeweile an die Stelle der Arbeitsfreudigkeit. Man arbeitet mechanisch weiter, um sich der gestellten Aufgabe zu entledigen, aber flüchtig und unaufmerksam; unter Umständen wächst dadurch die Menge der Leistung, während ihre Güte zugleich abnimmt. Nur wenn einmal eine Pause gemacht wird, nimmt man sich aufs neue zusammen und liefert dadurch unmittelbar nach Wiederaufnahme der Arbeit wieder bessere Ergebnisse. Namentlich aber erfolgt ein solches kurzdauerndes Zusammenraffen der Kräfte sehr gewöhnlich am Ende einer längeren Tätigkeit, also gerade da, wo infolge der bloßen Ermüdung der stärkste Rückgang bemerkbar sein müßte; man ist froh, der langen und unerfreulich gewordenen Beschäftigung endlich ledig zu sein, und zugleich bestrebt, den letzten Minuten noch einige möglichst günstige Resultate abzugewinnen.

Daß diese verschiedenen und sich kreuzenden Faktoren tatsächlich alle von Bedeutung sind, erhellt daraus, daß sie sich bei verschiedenen Individuen, oder auch bei demselben Individuum unter verschiedenen Umständen, in verschiedenen Stärkegraden geltend machen und dadurch bisweilen nahezu isoliert erkannt werden können. Aber zu einer reinlichen Sonderung ihrer verschiedenen Einflüsse voneinander und so zu einer exakten Herausschälung der bloßen Ermüdungswirkung fehlen uns einstweilen genügend sichere Handhaben. Immerhin können wir, zugleich auch auf Grund der täglichen Erfahrung, etwa dies Allgemeine über sie aussagen. Eine leichte Ermüdung zeigt sich schon bald nach Beginn einer ununterbrochen fortgesetzten geistigen Tätigkeit; bei fortlaufendem Rechnen z. B. sind bereits nach einer Viertel-, jedenfalls nach einer halben Stunde deutliche Anzeichen von ihr wahrzunehmen. Sie schreitet dann zunächst und für längere Zeit nur sehr langsam, weiterhin aber mit großer Schnelligkeit fort. Leichtere Arbeiten werden so durch sie selbst bei stundenlanger Fortsetzung nur wenig beeinträchtigt, bei schwereren kommt man bald an eine Grenze, wo die Fortführung der Arbeit nur noch sehr geringen Wert hat. Höhere Ermüdungsgrade empfiehlt es sich zugleich auch deshalb zu vermeiden, weil sie zur Wiederherstellung der ur-

sprünglichen Leistungsfähigkeit verhältnismäßig viel längere Erholungspausen nötig machen als geringere Grade.

Wie allbekannt und durch die Unterscheidung leichterer und schwererer Arbeiten soeben auch angedeutet, schreitet die Ermüdung bei verschiedenen Tätigkeiten mit verschiedener Schnelligkeit fort. In dieser Hinsicht fanden Hoch und Kraepelin, daß die Ermüdbarkeit im allgemeinen der Übungsfähigkeit parallel geht. Arbeiten also, bei deren anhaltender Ausführung man nur noch geringe Übungsfortschritte macht, d. h. im wesentlichen Arbeiten, die man beherrscht, die einem sehr geläufig sind, ermüden auch wenig, sie fallen einem leicht, und entsprechend für schwere Arbeiten. Je nach dem Grade der für sie bestehenden Übung ändert sich demnach auch die Ermüdungswirkung bestimmter Tätigkeiten. Anhaltendes Auswendiglernen, das vielen Individuen einige Jahre nach ihrer Schulzeit sehr schwer und ermüdend geworden ist, habe ich nach erneuter Einübung stundenlang fortsetzen können ohne erkennbare Verschlechterung der Resultate. Sehr bemerkenswert ist dabei aber nun, daß die Ermüdung, wenn auch stets durch eine bestimmte Betätigung der Seele herbeigeführt, doch nie allein auf diese beschränkt bleibt, sondern stets die Tendenz hat, allgemein zu werden. Eine partielle Ermüdung, wie bei den bisweilen mit demselben Worte bezeichneten Adaptationserscheinungen auf dem Gebiete der Empfindungen, gibt es nicht oder jedenfalls nur in geringem Maße. Wer für Kopfrechnen ermüdet ist, ist es in gewissem und natürlich nicht überall gleichem Grade auch für Auswendiglernen, Übersetzen, produktive Arbeit usw., wie es bei der teilweise gleichartigen Inanspruchnahme der Seele bei allen solchen Tätigkeiten ja wohl begreiflich ist. Namentlich die höheren Ermüdungsgrade sind durchweg Zustände der ganzen Seele und betreffen nicht bloß eine einzelne ihrer Betätigungsweisen. Nur wo durch eine bestimmte Arbeit zugleich eine allgemeine nervöse Erregung hervorgerufen wird, ist diese Ausbreitung der Ermüdung bisweilen vorübergehend verdeckt. So fand z. B. Mosso bei einem Kollegen nach der Abhaltung einer Vorlesung sowie nach einer anstrengenden Abnahme von Prüfungen die Muskelkraft zunächst regelmäßig verstärkt; die geistige Abspannung machte sich erst später durch eine Verringerung der Muskelleistung geltend. Ganz ähnlich erhielt ich bei Gedächtnisuntersuchungen nach einer Vorlesung mehrfach an Tagen, an denen ich mich vor Beginn des Versuchs als „besonders abgespannt“ bezeichnet hatte, nicht schlechtere, sondern bessere Resultate als an gewöhnlichen Vorlesungstagen.[1]

[1] Wieweit die auf einem bestimmten Gebiete hervorgebrachte Ermüdung auch auf andere Gebiete übergeht und in welcher Stärke sie sich auf diesen

In engem Zusammenhang mit der Einheitlichkeit der Ermüdung steht die von Weygandt gefundene Tatsache, daß ein bloßer Wechsel der Arbeit nicht ohne weiteres der bereits eingetretenen Ermüdung entgegenwirkt und eine Erholung herbeiführt. Solange die neue Arbeit durch den Reiz der Abwechslung anspricht, liefert sie freilich im Gegensatz gegen die langweilig gewordene Vorbeschäftigung günstige Resultate. Aber für ihre dauernde Wirkung kommt es lediglich darauf an, ob sie im Vergleich mit jener für die betreffenden Individuen leicht oder schwer ist. Ist sie das erste, so wird der weitere Fortschritt der Ermüdung durch sie verlangsamt, vielleicht sogar ein gewisser Rückgang ermöglicht; in dem anderen Fall dagegen wird der Fortschritt beschleunigt. Namentlich ist die Meinung, als ob anstrengende körperliche Übungen, wie Turnen oder Laufspiele, eine Erholung von geistiger Tätigkeit zu gewähren vermöchten, durchaus irrig.

Aus diesem Verhalten ergibt sich endlich noch eine Folgerung. Daß die Seele auf eine größere zeitliche Ausdehnung ihrer Betätigung sozusagen angelegt ist und sie im allgemeinen ohne Schaden erträgt, kann nicht bezweifelt werden. Wenn nun jede Tätigkeit schon bald nach ihrem Beginn Ermüdungserscheinungen zur Folge hat, die durch einen Wechsel der Tätigkeitsweise in der Regel nicht wieder beseitigt werden, die Seele aber gleichwohl während des Wachens irgendwie immer tätig ist, so folgt notwendig, daß leichtere Grade der Ermüdung durchaus nichts Bedenkliches oder Bedrohliches sein können. Sie spielen die Rolle unvermeidlicher Nebenerscheinungen. Die Seele wehrt sich mit Hilfe der Ermüdung gegen eine allzu starke Inanspruchnahme ihrer Kräfte, welcher Art sie auch sein möge. Bei der Kontinuität der organischen Einrichtungen aber kann sie nun das Zuviel nicht erfolgreich abwehren, wenn sie nicht bei dem Wenig schon einen gewissen Anfang macht. Das heißt aber nicht, daß sie die maßvolle Betätigung auch abwehre; sie gibt auf andere Weise deutlich genug zu erkennen, daß sie sie vielmehr erstrebt.

äußert, kann natürlich jedesmal nur durch besondere Untersuchungen ermittelt werden. Vor einigen Jahren fand Griesbach (Energetik und Hygiene des Nervensystems, 1895), daß geistige Ermüdung, hervorgebracht z. B. durch längeren Schulunterricht oder Prüfungen, die Raumempfindlichkeit der Haut herabsetzt, und nach seinem Vorgang sind dann zahlreiche „Ermüdungsmessungen“ mit Hilfe des Ästhesiometers angestellt worden. Nach Untersuchungen von Leuba (Psychol. Rev. 6, 573; 1899) und Bolton (Kraepelins Psychol. Arbeiten 4, 175; 1902) ist gerade dieser Zusammenhang ziemlich zweifelhaft: er scheint durch die Schwierigkeiten der Raumschwellenbestimmung vorgetäuscht zu werden. Indes hält Griesbach auf Grund erneuter Prüfungen (Intern. Arch. f. Schulhygiene 1 S. 317; 1905) energisch an der behaupteten Beziehung fest.

Viertes Kapitel.

Seelische Gebilde und Körperbewegungen.

§ 68. Empfindungen und Bewegungen.

Mit manchen Einzelbeziehungen der seelischen Vorgänge zu den äußeren Bewegungen, in die sie, wenigstens für die naive Betrachtung, ebenso wieder ausmünden, wie sie aus ihnen hervorgehen, haben wir bereits zu tun gehabt. So mit den Wirkungen der Gefühle auf Kreislauf und Atmung (S. 584), mit den Bewegungsäußerungen der Triebe (S. 586), den motorischen Begleiterscheinungen des Aufmerkens (S. 606), der Umsetzung von Vorstellungen in Bewegungen (S. 637). Hier bedarf es nur noch weniger Worte über die allgemeinsten und nicht weiter zurückführbaren Gesetzmäßigkeiten, die für diese Beziehungen des Seelischen zu seinen äußeren Folgen Geltung haben und in jenen Einzelheiten zur Erscheinung kommen. Es sind ihrer zwei: erstens erscheinen Empfindungen ursprünglich und vor aller Erfahrung mit bestimmten Bewegungen verbunden, und zweitens haben gewisse Vorstellungen eine bewegungerzeugende Kraft.

Man darf behaupten, daß von Hause aus jede Empfindung von bestimmten Bewegungen gefolgt ist und sich in ihnen gleichsam entladet. Unter den Verwicklungen des ausgebildeten Seelenlebens, und zwar namentlich infolge der Änderungen, die durch die motorischen Wirkungen des Vorstellungsgetriebes herbeigeführt werden, ist dieser Zusammenhang zwar oft verdeckt und verdunkelt, aber unter je primitiveren und einfacheren Verhältnissen man beobachtet, desto deutlicher tritt er hervor. Jeder Gesichts-, Gehörs-, Tast- usw. Eindruck wird ursprünglich unfehlbar mit mannigfachen Bewegungsvorgängen beantwortet, mit Bewegungen des vermittelnden Sinnesorgans, der Arme und Beine, des Kopfes, Rumpfes, der Sprachwerkzeuge, außerdem mit Veränderungen der Atembewegung, der Herz- und Gefäßinnervation, sowie mit Bewegungsreaktionen anderer in der Leibeshöhle eingeschlossener Organe.

Ihrem allgemeinsten Charakter nach zeigen diese Bewegungen eine zwiefache Verschiedenheit. Erstens sind sie um so ausgiebiger und ziehen den Körper in um so größerer Ausdehnung in Mitleidenschaft, je stärker die Eindrücke sind. Ein mäßig starker Ton oder Geruch bewirkt die Kontraktion einiger Kopf- oder Gesichtsmuskeln und vielleicht eine leichte Drehung des Kopfes gegen den Rumpf; bei einem heftigen Schmerz windet sich der ganze Körper

unter gleichzeitigem Stöhnen oder Schreien, krampfhaftem Fäusteballen, Auspressen der Schweißdrüsen usw. Zweitens ist das durch jene Bewegungen verwirklichte Resultat, das Ziel, auf das sie augenscheinlich gerichtet sind, ein ganz verschiedenes, je nach der Gefühlsbetonung der Eindrücke. Für die hierher gehörigen Verschiedenheiten der innerkörperlichen Reaktionen freilich, wie der Änderungen in der Blutzirkulation oder in der Innervation der Eingeweide, haben wir, wie schon oben (S. 585) bemerkt, noch kein genügendes Verständnis; sie mögen also hier weiter außer Betracht bleiben. Bei den nach außen tretenden oder die Beziehung des Organismus zu seiner Umgebung bestimmenden Bewegungen dagegen liegt ein charakteristischer Gegensatz der Bewegungswirkungen zutage. Lustvolle Empfindungen sind durchweg von Bewegungen gefolgt, die die Einwirkung des objektiven Reizes auf das beanspruchte Organ aufrecht erhalten oder günstiger gestalten; sie führen zu einer Festhaltung der Empfindungsursache, unter Umständen zu ihrer Einverleibung in den Organismus. Umgekehrt wird bei unlustvollen Empfindungen die weitere Einwirkung des Reizes auf den Organismus aufgehoben; er wird aus dem Bereich des Körpers fortgestoßen oder dieser seiner Wirkungssphäre entzogen.

Ein mäßig helles und ruhig brennendes Licht bewirkt eine solche Einstellung von Kopf und Augen, daß es möglichst deutlich, nämlich mit den Netzhautmitten, gesehen wird; bewegt es sich, so folgt ihm der Blick und hält es gleichsam fest. Vor einem allzu grellen und flackernden Licht dagegen schließen sich die Augen und der Kopf wird zur Seite gewendet. Ein angenehmer Geruch wird schnüffelnd und mit vorgebeugtem Kopfe eingezogen; die Oberlippe verlängert sich etwas nach unten, so daß die Luft möglichst reichlich Zutritt zur Nase findet. Bei einem widerwärtigen Geruch ist von allem das Gegenteil der Fall: der Kopf wird gegen den Rumpf angezogen oder zur Seite gedreht, die Luft ausgestoßen, die Oberlippe nach oben gewölbt; unter Umständen geraten die Arm- und Handmuskeln in Tätigkeit und die Nase wird zugehalten, oder die Beinmuskeln und man läuft davon. Ganz entsprechend für Gehörs-, Geschmacks-, Tast- und andere Eindrücke.

Wir brauchen diese Beziehungen hier nicht weiter zu verfolgen, da wir sie schon in einem früheren Zusammenhange kennen gelernt haben, nur in einer anderen Form; nicht in der uns jetzt interessierenden Verknüpfung mit seelischen Vorgängen, sondern als bloße Gesetzmäßigkeit des nervösen Geschehens, als maßgebend für die Reflexbewegungen (S. 144). Jede den subkortikalen Zentren von den peripheren Organen an der Oberfläche oder im Inneren des Körpers

zugeführte Erregung wird von ihnen mit einer mehr oder minder ausgebreiteten motorischen Reaktion beantwortet, die im großen und ganzen auf die Erhaltung des Organismus unter den die Reizung herbeiführenden Umständen gerichtet ist. Führt die zentripetale Erregung nun zugleich zu einem bewußten Eindruck, so spiegelt sich, wie wir weiter sahen (S. 568), ihr dem Organismus förderlicher und zuträglicher Charakter im allgemeinen in einem den Eindruck begleitenden Lustgefühl, Störung und Schädigung des Organismus in einem begleitenden Unlustgefühl. Jene durchgängige Verknüpfung der sinnlichen Eindrücke mit Angriffs- oder Abwehrbewegungen, je nach ihrer Gefühlsbetonung, ist also hiernach nichts als ein besonderer Fall der in den Reflexbewegungen erscheinenden Gesetzmäßigkeit; ein Fall, der dann verwirklicht wird, wenn die subkortikal den Reflex auslösende Erregung zugleich zur Großhirnrinde weitergeleitet wird und dadurch Bedeutung für die Seele gewinnt. Mit dem seelischen Leben haben mithin diese Empfindungsbewegungen ursprünglich durchaus nichts zu tun; sie werden weder durch die Empfindungen hervorgebracht, noch ist die Seele sonst irgendwie bei ihrem Zustandekommen beteiligt. Sie bilden eine ursprüngliche Ausstattung der bloßen körperlichen Organisation, die mit der Entwickelung der Gattung in Anpassung an ihre Durchschnittsbedürfnisse sich allmählich ausgebildet hat, jetzt aber jedem Individuum bei der Geburt als etwas Fertiges mitgegeben wird. Zu den Empfindungen stehen sie in einem rein zeitlichen Verhältnis der Folge, weil der von einem Teil der zentripetalen Erregung hervorgebrachte kortikale Effekt und damit das seelische Erlebnis im allgemeinen etwas schneller zustande kommt als die von dem übrigen Teil derselben Erregung subkortikal ausgelösten Bewegungen. Dabei aber sind nun diese außerseelischen Reaktionen die letzte Grundlage und das alleinige Material für die Entstehung auch der seelisch vermittelten oder doch in das Seelenleben verflochtenen Bewegungen und für deren Weiterbildung zu bewußten Handlungen.

§ 69. Vorstellungen und Bewegungen.

Rein reflektorisch und ohne Beteiligung der Seele schließen sich an die Empfindungen, wie gezeigt, mannigfache Bewegungen, der beteiligten Sinnesorgane, des Kopfes, der Arme usw. Aber indem diese geschehen, werden sie wahrgenommen, zum großen Teil wenigstens; sie haben nicht seelische Ursachen, aber seelische Wirkungen. Zum Teil werden sie gesehen, Hand- und Armbewegungen z. B.; zum Teil geben sie zu Hautempfindungen Anlaß, wie die Bewegungen

des Kopfes, der Zunge, der berührenden Finger; vor allem und durchweg werden sie von Bedeutung für die Seele durch die kinästhetischen Empfindungen, die sie wachrufen, also durch die der materiellen Vermittlung der Gelenke, Sehnen, Muskeln entstammenden Eindrücke. Natürlich assoziieren sich diese kinästhetischen Empfindungen mit den gleichzeitig in der Seele sonst noch hervorgebrachten Eindrücken optischer, akustischer u. a. Art, und wenn hinterher einmal diese anderen Eindrücke wiederkehren, ohne daß die sie vorher begleitende Bewegung stattfindet, so wird doch der ihr entsprechende kinästhetische Bewußtseinsinhalt als Vorstellung reproduziert. Nun ist die zweite Gesetzmäßigkeit der Beziehungen zwischen seelischen Vorgängen und äußeren Bewegungen diese: kinästhetische Vorstellungen haben eine Tendenz, eben die Bewegungen wieder hervorzurufen, denen sie selbst ihre Entstehung verdanken; der bloße Gedanke daran, wie einem bei Ausführung einer bestimmten Bewegung zumute ist, bewirkt bei genügender Lebhaftigkeit ohne weiteres die Ausführung der Bewegung selbst.

Wie früher schon einmal erwähnt, können Kinder, die eben lesen gelernt haben, nicht gut leise lesen. Das Lesenlernen besteht zunächst in der Herstellung fester Assoziationen zwischen bestimmten optischen Zeichen und bestimmten Sprachbewegungen. Der erneute Anblick der Schriftzeichen reproduziert also die Vorstellungen der zugehörigen Bewegungen, und diese erzwingen nun anfänglich (d. h. bis später durch das Hervortreten des Sinnes der Worte und durch bewußte Gegenbewegungen eine Änderung eintritt) ohne weiteres die Bewegungen selbst. Daß auch bei Erwachsenen lebhafte Gedanken nach Aussprache drängen und oft genug unwillkürlich in Worten über die Lippen treten, ist eine bekannte Erscheinung. Hansen und Lehmann haben sie einmal experimentell untersucht und bestätigt.[1] Sie stellten zwei große Hohlspiegel einander gegenüber und setzten sich selbst als Beobachter je mit dem Kopf in die Nähe der Brennpunkte dieser Spiegel. Der eine hatte die Aufgabe, lebhaft an eine beliebige zweistellige Zahl zu denken; der andere sollte diese Zahl erraten. Es zeigte sich, daß ihm das in einer überraschend großen Anzahl von Fällen richtig gelang. Die gedachte Zahl wurde unwillkürlich leise geflüstert und diese Flüstersprache durch die beiden Hohlspiegel dem Ohre des Ratenden zugeführt. Auch Bewegungen der Hand können so durch den bloßen Gedanken an sie hervorgerufen werden. Man befestige einen mäßig schweren Gegenstand an einem Bindfaden, halte dieses Pendel mit geschlossenen Augen und leicht

[1] Hansen und Lehmann, Über unwillkürliches Flüstern. Philos. Stud. 11 S. 471; 1895.

gestrecktem Arm ruhig in der Hand, denke dabei aber fortwährend energisch an hin- und hergehende Bewegungen in dem ungefähren Rhythmus der Schwingungen eines solchen Pendels. Nach einiger Zeit vollführt dann der Gegenstand oft wirklich kleine Pendelschwingungen, die ihm von der den Gedanken verwirklichenden Hand in allmählicher Summierung mitgeteilt worden sind.

Durch die mannigfachsten anderen Vermittlungen können diese Bewegungswirkungen der kinästhetischen Vorstellungen hindurchgehen. Um einen anderen Körper in Bewegung zu setzen oder seine Bewegungsrichtung zu ändern, muß man ihm einen Stoß geben, mit den Händen, den Füßen, den Schultern oder sonstwie. Bei dem lebhaften Wunsch einer bestimmten Bewegung eines Körpers denkt man auch leicht lebhaft an diesen Stoß, und indem man an ihn denkt, erfolgt er unter Umständen wirklich: Billard- und Kegelspieler geben bekanntlich sehr gewöhnlich den abirrenden Bällen durch allerlei Körperbewegungen die gewünschte Richtung an. Bei der Ausführung von Ortsbewegungen vergegenwärtigt man sich in Gedanken immer wieder das Ziel der Bewegung, das bald näher, bald ferner, bald vorwärts, bald seitlich liegt. Dadurch bilden sich feste Assoziationen zwischen den mannigfachsten Ortsvorstellungen und den von der eigenen Körperbewegung herrührenden Empfindungen und Vorstellungen. Durch diese aber werden nun auch umgekehrt beliebige Orte, bei genügender Lebhaftigkeit des Gedankens an sie, sehr leicht als Ziele einer eigenen auf sie gerichteten Bewegung vorgestellt und Tendenzen zu solchen Bewegungen wachgerufen. Dem angehenden Radler drohen nicht nur Gefahren von den gerade vor ihm befindlichen Hindernissen, sondern auch von den seitlich gelegenen: indem er sie ansieht, rennt er auf sie zu. Ebenso muß man bekanntlich bei gefährlichen Übergängen auf sehr schmalen Wegen, Balken u. dgl. fest geradeaus sehen und nicht rechts noch links; wenn der Blick abirrt, folgt auch leicht der Fuß. Die faszinierende Anziehungskraft der Tiefe beim Blick in einen Abgrund, in ein unten fließendes Wasser hängt zusammen mit der lebhaften Vorstellung des Herunterspringens, die nach Verwirklichung drängt und bisweilen durch ein energisches Zurücktreten unwirksam gemacht werden muß. Namentlich gehört das sogenannte Gedankenlesen hierher. Durch Erfassen der Hand eines Menschen, der die Lage eines versteckten Gegenstandes kennt und lebhaft an sie denkt, vermag man den Gegenstand zu finden. Der Gedanke der Versuchsperson an das Versteck bleibt eben nicht bloßer Gedanke; er ruft eine, wenn auch nur schwache Tendenz hervor, sich auf den Gegenstand hinzubewegen, oder auch, in bewußter Reaktion hiergegen, sich von ihm fernzuhalten, um nichts zu verraten. Indem nun der

Gedankenleser die Hand der Versuchsperson mannigfach hin und her bewegt, muß er diese Richtungen geringsten oder größten Widerstandes herauszufinden suchen und dann, dem Gegenstande allmählich näherkommend, das Spiel wiederholen.

Den materiellen Grund für diese enge Verkettung von Bewegungen mit den ihrer eigenen Ausführung entstammenden kinästhetischen Vorstellungen habe ich früher schon flüchtig berührt (S. 136 und 156). Diejenigen Stellen der Großhirnrinde, die zentrifugal mit den Ursprungszellen einer bestimmten Bewegungskombination in den subkortikalen Zentren verbunden sind, enthalten, wie es scheint, gleichzeitig die Endstationen für die von der Ausführung eben dieser Bewegung herrührenden und zentripetal der Rinde zugeführten kinästhetischen Erregungen. Wird nun in diesen Gebieten durch Vermittlung von Assoziationsbahnen eine einer bestimmten Bewegung zugeordnete Zellengruppe in Erregung versetzt, so erleben wir seelisch eine assoziativ geweckte Vorstellung davon, wie uns bei Ausführung jener Bewegung zumute ist. Materiell aber entlädt sich die den Rindenelementen zugeführte Erregung in die mit ihnen verbundenen motorischen Zellen der subkortikalen Zentren, und die gedanklich vorgebildete Bewegung erfolgt zugleich in realer Ausführung. Auf solche Weise werden die ursprünglich subkortikal angelegten und außerhalb des Bewußtseins verlaufenden primären Bewegungskoordinationen allmählich eingeflochten in das Spiel der Rindenprozesse und der ihnen entsprechenden seelischen Vorgänge. Sie werden zu Gliedern einerseits der verwickelteren und in höherem Grade zweckmäßigen Bewegungsreaktionen des Großhirns und andererseits der bewußt zwecksetzenden und wollenden Tätigkeit der Seele.

Aus diesem Zusammenhang der Dinge aber folgt zugleich noch etwas Weiteres. Außer durch Vermittlung ihrer kinästhetischen Vorstellungen besitzt die Seele keine unmittelbare Macht über die Bewegungen des Körpers; die Glieder bewegen sich auf Geheiß der Seele nur, wenn die einer bestimmten Bewegung entsprechende kinästhetische Vorstellung reproduziert wird. Bewegungen dagegen, von denen man nicht weiß, wie einem bei ihrer Ausführung zumute ist, kann man von der Seele aus, also willkürlich und absichtlich, nicht hervorbringen. Alle die Laute, deren die Kinder zum artikulierten Sprechen bedürfen, werden zuerst rein reflektorisch und zufällig, d. h. aus körperlichen Ursachen, die sich unserer Kenntnis entziehen, hervorgebracht. Und weil diese zufällige Hervorbringung bei einzelnen Lauten, wie k, r, sch, verhältnismäßig selten eintritt, dauert es oft trotz alles Vorsagens so lange, bis die Kinder sie sprechen lernen. Mancher Erwachsene, der sich in späteren

Jahren einen ihm bis dahin fremden Laut, z. B. ein Zungen-r statt eines Zäpfchen-r, aneignen mußte, wird wissen, wie schwierig das ist. Die größten Anstrengungen sind vergeblich, wenn einem nicht ein glücklicher Zufall, eine Entgleisung bei der Hervorbringung ähnlicher Laute, die man bereits beherrscht, zu Hilfe kommt, und man nun zugleich beachtet, wie sich die geglückte Produktion des Lautes innerhalb der Mundhöhle sozusagen anfühlt. Ähnlich verhält es sich mit manchen brotlosen Künsten, die von der Jugend vielfach gepflegt werden, dem Zusammenziehen der Kopfhaut, dem Bewegen der Ohren u. a. Die erforderlichen Innervationen werden zufällig einmal gefunden; wird die Vorstellung der begleitenden Empfindungen dann festgehalten, so kann die Bewegung mit ihrer Hilfe später willkürlich hervorgebracht werden. Natürlich kann auch absichtlicher äußerer Zwang dazu dienen, der Seele eine Bewegungskombination bekannt zu machen, die ihr bis dahin fremd ist, und ihr dadurch zur Herrschaft über sie zu verhelfen. Dahin gehört ein Versuch, den Helmholtz in seinen Vorlesungen gelegentlich zeigte. Jedermann kann den gestreckten Arm samt der daransitzenden Hand um seine Längsachse im Schultergelenk hin- und herdrehen. Niemand aber kann ohne weiteres den Arm auf solche Weise rotieren, dabei aber die Hand ruhig halten, sodaß also der Arm sich gleichzeitig im Schultergelenk und im Handgelenk dreht. Man kann es jedoch sofort lernen, wenn man bei der Drehung des Armes sich die Hand festhalten läßt oder selbst mit ihr einen festen Gegenstand ergreift, sodaß sie sich nicht mitdrehen kann.

Zunächst also müssen alle Bewegungen, die der Herrschaft der Seele unterworfen sein sollen, vorher einmal auf irgend eine Weise ohne ihr Zutun zu ihrer Kenntnis gebracht worden sein. Indes dies allein würde noch nicht genügen. Denn damit die einer bestimmten Bewegung entsprechende kinästhetische Vorstellung in der Seele auch zu beliebigen späteren Zeiten bewußt werde, muß sie reproduziert werden und dazu wiederum mit anderen Eindrücken assoziativ verbunden sein. Die Bewegung muß also außer den für sie charakteristischen kinästhetischen Empfindungen noch einen anderen stets gleichen Effekt für die Seele hervorbringen, der dann bei seiner Wiederkehr aus beliebigen anderen Ursachen jenes kinästhetische Erlebnis als Vorstellung wachruft. So lernen Kinder sprechen, weil sie die Wirkung ihrer reflektorischen Sprechbewegungen zugleich auch hören und nun durch das Hören der gleichen Laute aus dem Munde der Erwachsenen zu ihren Produktionen immer wieder angeregt werden. Kinder dagegen, die nicht hören können, bleiben stumm, weil die kinästhetischen Empfindungen der auch bei ihnen reflektorisch hervor-

gebrachten Sprechbewegungen sich mit nichts regelmäßig assoziieren und mithin auch nicht reproduziert werden können. Haben die Kinder jedoch vor ihrer Ertaubung schon fertig sprechen können, so behalten sie diese Fähigkeit im allgemeinen. Denn nun ist eine Reproduktion der kinästhetischen Sprachvorstellungen von seiten der sachlichen Bedeutung der Worte, von ihren Schriftbildern aus und auf andere Weise möglich. Bei einem ganz kleinen Kinde findet man bisweilen, daß es den einfachen Befehl „mach' die Augen zu" nicht auszuführen vermag, sondern mit allerlei Grimassen beantwortet. Sagt man ihm aber „schlaf", so schließt es die Augen sofort. Die ihm höchst vertraute Lidinnervation wird doch nur von der Vorstellung aus gefunden, mit der sie gewohnheitsmäßig verbunden war. So kann auch der Erwachsene der Aufforderung, seine Nasenspitze anzusehen oder einen fernen Kirchturm ins Auge zu fassen, prompt Folge leisten. Verlangt man dagegen, er solle seine Augen in Schielstellung oder in Parallelstellung bringen, so ist er meist ratlos.



